

VŠB – Technická universita Ostrava

Fakulta Strojní

Institut dopravy

Technické řešení modernizace letového simulátoru kategorie BITD
na bázi PC technologií – systém záznamu letových dat

Technical Solution to Modernize of BITD Category
PC – Flight Simulator – Flight Data Recording

Student:

Bc. Jan Musil

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.

Ostrava 2011

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jan Musil**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T003 Dopravní technika a technologie
Specializace: 40 Letecká doprava
Téma: Technické řešení modernizace letového simulátoru kategorie BITD na bázi PC technologií – systém záznamu letových dat
Technical Solution to Modernize of BITD Category PC - Flight Simulator – Flight Data Recording

Zásady pro vypracování:

1. Požadavky leteckých předpisů na vybavení příslušné kategorie leteckých simulátorů (BITD).
2. Seznámení se s technickým řešením leteckého simulátoru ULD / PC – SIM 01.
3. Analýza možností pro realizaci systém záznamu letových dat uvedeného typu simulátoru.
4. Zdůvodnění vlivu tohoto systému na zvýšení funkčnosti uvedeného typu simulátoru.
5. Návrh a specifikace programu záznamu a vyhodnocení letových dat uvedeného typu simulátoru.

DP musí v rámci úvodu obsahovat kapitolu se stanovením cílů práce a v závěru zhodnocení dosažených cílů.

Seznam doporučené odborné literatury:

Letecké předpisy JAR STD 1 – 4

Letecký předpis EU OPS

Učební texty pro teoretický kurz ATPL – Modul 020: Všeobecné znalosti letadel, Praha: ČVUT Praha, 2006

Veřejně dostupné zdroje informací

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011



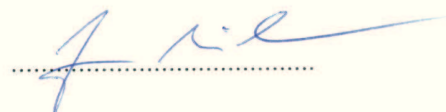
doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě23.5.2011.....



podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 23.5.2011

.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Bc. Jan Musil

Kalamárská 234

Mokré Lazce, PSČ 74762

Česká republika

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

MUSIL, J., Bc. Technické řešení modernizace letového simulátoru kategorie BITD na bázi PC technologií – systém záznamu letových dat. Ostrava: Ústav letecké dopravy (ÚLD), Institut dopravy, Fakulta Strojní, VŠB-TUO, 2011, 73 s. Diplomová práce, vedoucí: doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.

Cílem této diplomové práce je navrhnout technické řešení programu vyhodnocení letu pro letecký simulátor kategorie BITD na bázi PC technologií a specifikovat vlastnosti systému vyhodnocení letových dat pro potřeby simulátoru ULD/PC Sim 01, kterým disponuje ÚLD na Institutu dopravy, VŠB-TUO. Dále se tato práce zabývá požadavky leteckých předpisů na simulátor kategorie BITD a jeho vztahu k záznamu letových dat. V teoretické části je řešen vliv zavedení systému vyhodnocení letu v civilním letectví a možný způsob implementace těchto poznatků do prostředí leteckých simulátorů. Praktická část obsahuje možný návrh technického řešení modernizace BITD na bázi PC technologií, kterým disponuje ÚLD.

ANNOTATION OF DIPLOMA THESIS

MUSIL, J., Bc. Technical Solution to Modernize of BITD Category PC – Flight Simulator – Flight Data Recording. Ostrava: Ústav letecké dopravy (ÚLD), Institut dopravy, Fakulta Strojní, VŠB-TUO, 2011, 73 pages of Diploma Thesis, Head of Thesis: doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.

Primary goal of the diploma thesis is propose a technical solution of Flight Data Monitoring (FDM) programme and specify its features for a flight simulator with classification BITD which is based on PC technology. The BITD flight simulator is property of ÚLD, Institut dopravy, VŠB-TUO. A other parts of the thesis is connected with requirements of Czech CAA regulations for BITD category and its relationship to FDM. A theoretical part is designed to explain affect of implementation FDM in case of civil aviation and possible way how implement its knowledge to the simulator environment. A practical part contains the possible technical solution design of modernization ÚLD's BITD simulator.

Obsah diplomové práce

Seznam použitých zkratk	7
0. Cíle diplomové práce	9
1. Úvod	10
2. Analýza současného stavu	11
2.1 Klasifikace letecké nehody, incidentu a požadavky na systém hlášení z letu	13
2.2 Záznam a ohlašování bezpečnostních dat vs. simulace letu	18
3. Vyhodnocování letových dat (FDM)	23
3.1 Vyhodnocení letu v systému řízení bezpečnosti (SMS)	26
3.2 Výklad a použití informací získaných z vyhodnocení letu	31
3.3 Legislativa a požadavky na záznam dat u letových zapisovačů	33
4. Požadavky leteckých předpisů na vybavení příslušné kategorie leteckých simulátorů (BITD)	39
5. Specifikace vlastností programu vyhodnocení letu na simulátoru typu BITD	45
5.1 Porovnání detekce překročení parametrů u skutečného letu a simulace letu s navrhovanou implementací FDM	49
5.2 Principy postupu operátora při vyhodnocení letu	58
6. Technické řešení zavedení programu FDM od prostředí simulátoru ULD/PC Sim 01 (BITD)	60
6.1 Seznámení se současným technickým řešením simulátoru ULD/PC Sim 01	60
6.2 Specifikace technické řešení zavedení navrhovaného FDM	61
7. Zhodnocení cílů diplomové práce	64
8. Závěr	65
9. Seznam použité literatury	66
10. Seznam příloh	67

Seznam použitých zkratk

BITD	Basic Instrument Training Device	Základní přístrojové výcvikové zařízení
ADF	Automatic Direction-Finding Equipment	Palubní navigační zařízení pro NDB
ADREP	Accident/Incident Reporting System	Systém hlášení LN, VI a I organizace ICAO
AFCS	Automatic Flight Control System	Systém automatického řízení letu
APU	Auxilliary Power Unit	Pomocná pohonná jednotka
ATC	Air Traffic Control	Řízení letového provozu
CBT	Computer Based Training	Počítačový výcvik
CVR	Cockpit Voice Recorder	Zapisovač zvuků v kokpitu
DC	Direct Current	Stejnoseměrný proud
DSTO	Defence Science and Technology Organisation	Australské oddělení obrany
EATS	European Airline Training Symposium	Symposium výcviku evropských leteckých dopravců
EDP	Electronic Data Processing	Elektronické zpracování dat
EGT	Exhaust-Gas Temperature	Teplota výstupních plynů
EPR	Engine Pressure Ratio	Kompresní poměr
FAA	Federal Aviation Administration	Federální letecký úřad (USA)
FD	Flight Director	Letový povelový přístroj
FDAU	Flight-Data Acquisition Unit	Jednotka pro získávání letových údajů
FDM	Flight Data Monitoring	Vyhodnocení letových údajů
FDR	Flight Data Recorder	Zapisovač letových údajů
FFS	Full Flight Simulator	Plně pohyblivý letový simulátor
FIR	Flight Information Region	Letová informační oblast
FL100	Flight Level 100	Letová hladina 100
FNPT I,II	Flight Navigation Procedures Trainer	Trenažér letových navigačních postupů
FS9	Flight Simulator 2004	PC letový simulator
FSC9	Flight Sim Commander 9	Program pro plánování a záznam letu
FSFK	FS Flight Keeper	Program vyhodnocení letu
FSX	Flight Simulator X	PC letový simulator (novější řada)
GPWS	Ground Proximity Warning System	Systém varování proti střetu s terénem
GS	Glide Slope	Sestupová rovina ILS
IAS	Indicated Air Speed	Indikovaná vzdušná rychlost
IATA	International Air Transport Association	Mezinárodní asociace sdružující letecké dopravce
ICAO	International Civil Aviation Organization	Mezinárodní organizace pro civilní letectví

IFR	Instrument Flight Rules	Pravidla pro létání podle přístrojů
ILS	Instrument Landing System	Standardní systém přesných přibližovacích majáků
IMC	Instrument Meteorological Conditions	Meteorologické podmínky pro let podle přístrojů
JAA	Joint Aviation Authorities	Sdružené letecké úřady
LOC	Localiser	Směrové vedení systému ILS
LVO	Low Visibility Operation	Postupy za snížené viditelnosti
N1	Low Pressure Compressor Speed	Otáčky nízkotlakého kompresoru
N2	High Pressure Compressor Speed	Otáčky vysokotlakého kompresoru
NAV/ COM	Navigation/Communication (freq.)	Navigační a komunikační frekvence
NDB	Non-Directional Radio Beacon	Nesměrový radiomaják
NTSB	National Transportation Safety Board	Státní výbor pro bezpečnost v dopravě (USA)
QAR	Quick Access Recorder	Datový typ souboru letových dat
SMS	Safety Management System	Systém řízení bezpečnosti
SOP	Standard Operation Procedures	Standardní provozní postupy
STD	Synthetic Training Device	Syntetické výcvikové zařízení
TAS	True Air Speed	Pravá vzdušná rychlost
TCAS	Traffic Alert and Collision Avoidance System	Varovají protisrážkový systém
ULD		Ústav Letecké Dopravy
VATSI -M/ IVAO		Sítě spojující více uživatelů leteckých simulátorů v jedno virtuálním prostředí
VFR	Visual Flight Rules	Pravidla pro létání za vidu
VOR	VHF Omnidirectional Radio Range	Všesměrový radiomaják

0. Cíle diplomové práce

- Navrhnout technické řešení programu vyhodnocení letu BITD na bázi PC technologií
- Specifikovat vlastnosti systému vyhodnocení letových dat pro potřeby simulátoru typu BITD, kterým disponuje ÚLD

Návrh technického řešení je koncipován pro konkrétní simulátor ULD/PC Sim 01, všeobecně lze však koncepci vyhodnocení letových dat využít pro jakýkoliv simulátor, který je provozován na bázi PC simulace (FS9, FSX). Pro implementaci využiji své praktické znalosti z pracovní pozice Flight Data Operator, kterou jsem vykonával v roce 2009 až 2010 u společnosti Travel Service a.s. na letišti v Ruzyni. Z důvodů srovnání nejvýhodnější varianty bude testováno několik možných softwaru vyhodnocení letu pro PC simulátor a jejich kombinací. Testování bude prováděno na letounu Cessna 206G.

1. Úvod

Letecké nehody provázejí civilní leteckou dopravu již od počátku jejího vzniku. Přinášely značné lidské a materiální ztráty a tak byla vždy potřeba vyšetřit příčinu každé letecké nehody a předejít jejímu opakování. Důkladné vyšetření těchto událostí bylo a stále je klíčovým prvkem v oblasti prevence leteckých nehod. V dobách, kdy nebyly ještě letové zapisovače zavedeny v civilní letecké obchodní dopravě, docházelo k chybným závěrům leteckých nehod. Díky absenci nebo špatnému svědectví účastníku, případně přihlížejících, letecké nehody neměla vyšetřovací komise dostatek potřebných informací. Často se závěry zjednodušily a za příčinu letecké nehody se označila chyba pilota, technická závada anebo zásah vyšší moci. Nebyla v těchto případech možnost zavedení systémových opatření prevence a událost se mohla opakovat v budoucnosti znova.

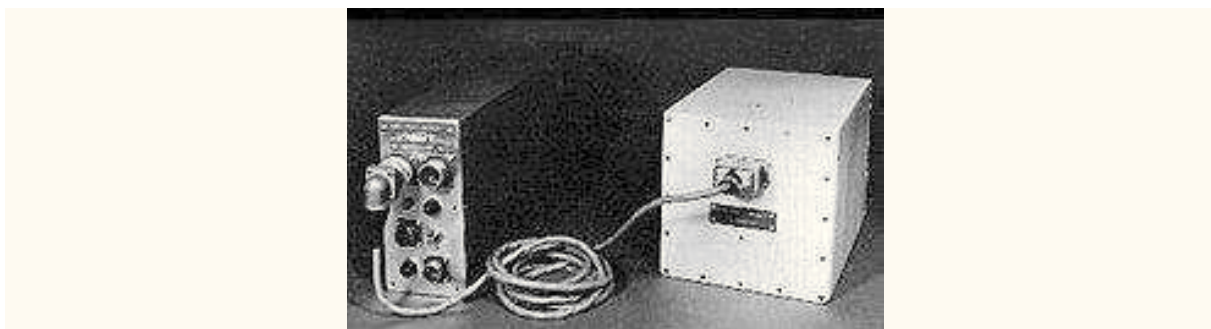
V dnešní době hraje záznam a vyhodnocení letu roli nejenom klíčového prvku při vyšetřování leteckých nehod, ale i významného prvku zvyšování bezpečnosti v letectví. Díky digitalizaci a vývoji měřicí techniky lze v dnešní době vyhodnotit parametry celého letu již po jeho provedení. Tyto údaje vedou k dodatečným bezpečnostním školením a ke zlepšení práce instruktorů během průběžných výcviků. Záznamy z letových zapisovačů nezvyšují pouze bezpečnost, ale do značné míry snižují provozovateli náklady, jelikož jsou schopné poskytnout konkrétní technické údaje pro údržbu. To má za následek rychlejší práci údržby a dřívejší uschopnění letounu do provozu. Během mé práce na pozici operátora vyhodnocení letu u společnosti Travel Service a.s. jsem byl konfrontován s aspekty komerčního systému. Letový záznam může pilotu výrazně pomoci při tvorbě uceleného obrazu celého letu. Neměl by to být prostředek přísného perzekuování, ale výbornou pomůckou pro zlepšení dovedností pilota.

S rozvojem IT technologií a softwarového vybavení v posledních letech došlo ke značnému pokroku a přiblížení letové simulace na bázi PC technologií k certifikovaným simulátorům. Proto mě zaujala myšlenka možnosti vyhodnocení letových údajů a trajektorie letu na simulátoru BITD a to na bázi PC technologie. Nemůžeme srovnávat vlastnosti softwaru pro PC a komerčních programů pro letecké dopravce, kde je rozdíl v ceně v řádech stovek tisíc dolarů, avšak i tyto levné programy poskytují velmi cenné a dostatečné informace. I takto levný systém umožní studentům, resp. uživatelům simulátoru, poskytnout stejně cenné informace jako pilotům dopravních letounů.

2. Analýza současného stavu

Nové technologie přinášejí nové možnosti a oblast vyhodnocení letových údajů díky tomuto faktu prošla velmi rychlým vývojem. Při pohledu do historie nelze vynález letového zapisovače přisoudit jedné osobě. Avšak jedním z prvních a prokázaných pokusu o konstrukci zapisovače letových údajů je bezpochyby zařízení s označením „typ HB“ francouzských konstruktérů Françoise Hussenota and Paula Beaudouina z roku 1939. Jednalo se o zařízení, které zaznamenávalo obraz letových přístrojů skrze zrcátko na 88mm filmový pás. První produkce tohoto systému byla zahájena v roce 1941 a ukončena až v 70. letech. Společnost Société Fran  aise d'Instruments de Mesure (SFIM), těchto p  n  , se stala hlavním dodavatelem zapisovač nejen do letadel, ale i do lokomotiv a dal  ších vozidel. V sou  asn   době stále podnik   v oblasti letových zapisovač. Obrovskou výhodou záznamu na filmov  y p  s byla jednoduchost zhotoven   záznamu a jeho snadn   a p  esn   interpretace, obrazov  y záznam neposkytoval mo  znost chyby záznamu. Pokud ale vezmeme v úvahu nárůst leteck   tehde  j   dopravy, pak pochopíme důvody k upu  st  n   od záznamu na filmov  y p  s. Jelikož záznam na filmov  y p  s nebylo mo  zn   smazat a ani recyklovat, tak vývoj FDR se začal zabývat zápisem dat na magnetick  , pozd  j   na magnetooptick   a v posledn   řadě na technologii zápisu na flash paměti. Odli  n  m způsobem zápisu dat se začali zabývat v Anglii během druhé sv  etov   války p  n  v   Len Harrison a Vic Husband. Vyvinuli za  řízení, kter   dok  azalo uchovat letov   data po p  adu letounu a jeho následného po   aru. Datov   médiím pro tento typ zapisovač byla pou  zata m  d  n   fólie, do které byly údaje zaznamenávány pomocí vrypů. Ka  d   p  stroj měl pro záznam v p  stroji jehlu odli  n   velikosti, tak aby byly záznamy p  stroj   nezam  niteln  . Postupn   byla m  d  n   fólie rozšířena systém časových period a tak bylo mo  zn   vyhodnotit u záznamu   asov   sled událostí. Tento typ zapisovač byl vyvinut ve Farnborough pro ministerstvo výroby letadel a po válce byl patentován pod britsk  m patentem   .19330/45. Tento typ leteck   zapisovač se stal předchůdce dnešních FDR. První prototyp FDR/CVR , kter   byl ur  en   pro civilní leteckou dopravu, byl p  stroj pana Dr. David Warren z DSTO v roce 1956. Leteck   nehody letounu typu De Havilland DH106 Comet mezi léty 1953 a 1954 vedly k odstávce těchto letounu během vy  et  rov  n  . Dr. Warren byl členem vy  et  rov  c   komise, kter   měla velmi těžkou pozici. Komise neměla k dispozici při vy  et  rov  n   ani jednoho svědka nebo člena posádky či pasa   era. Proto se Dr. Warren začal zabývat vývojem za  r  zen   autonomního záznamu letových dat a konverzace letov   posádky. První prototyp FDR byl nazýván ARL Flight Memory Unit (viz. obr.2.1), ale nevzbudil velk  y zájem   rad   civilního letectví po celém světě. Tento fakt zm  nil a   v roce 1958 Sir Robert

Hardingham, tajemník UK Air Registration Board. Konstrukce zapisovače je odolná proti nárazům a ohni, obsahuje spolehlivý systém dekódování a záznamu dat, hlasu přes jednu linku. Informace ze záznamu dekóduje pozemní zařízení. Systém do výroby uvedla britská společnost S. Davall & Son a zapisovači se začalo říkat červené vajíčko, podle barvy a tvaru konstrukce. Po letecké nehodě v Mackay (Queensland) v roce 1960, vyšetřovací soudce velmi doporučil instalaci FDR do všech dopravních letadel. Austrálie se stala prvním státem, kde se zavedení FDR/CVR stalo povinným.



Obr. 2.1 – letový zapisovač ARL Flight Memory Unit

Současný standard FDR je definován v mezinárodně uznávaných standardech a doporučeních, které jsou obsažena v dokumentech ICAO Annex 6. U JAA jsou parametry definovány v EUROCAE ED55, ED56 a ED112. Americká FAA zahrnuje požadavky na FDR do Technical Standard Order (TSO-C124a FAA Regs), které převzal z dokumentů EUROCAE, tak jako většina zemí. Současné specifikace EUROCAE stanovují odolnost FDR proti nárazu až se zrychlením $3400g$ ($33km/s^2$) po dobu 6,5 milisekund. To je síla odpovídající rychlosti nárazu při 270 kts, ostatní specifikace budou zmíněny v další kapitole. Z hlediska této práce je však důležitý způsob sběru dat a ne samotná konstrukce FDR. Informace, které jsou obsaženy v datových rámcích, putují z různých zdrojů do FDR (u moderních typů, obr.2.2) skrze jednotku FDAU (pokud je v letounu nainstalována, obr.2.3). Dále do jednotky QAR, ta provede záznam do souboru typu *.QAR* na prepisovatelné paměťové médium.



Obr. 2.2 – dnešní konstrukce FDR



Obr. 2.3 – příklad FDAU od společnosti Meggitt Aviation

Každý z minimálního počtu 88 parametrů je zaznamenáván několikrát za sekundu a tyto nároky se přenášejí do letecké simulace. K dnešním dnům stojíme na prahu nové architektury koncepce leteckých simulátorů, které počítají se zapojením FDM. Z tohoto důvodu se tato práce zabývá současnými pojmy, předpisy a doporučeními pro záznam a zpracování letových dat v civilním letectví a nejenom v letecké simulaci.

2.1 Klasifikace letecké nehody, incidentu a požadavky na systém hlášení z letu

Pro vyhodnocení letu je důležité vytvořit hranice mezi událostmi, které budou definovány s ohledem na závažnost dané situace. Na prvním místě je třeba rozlišovat v bezpečnosti letového provozu mezi leteckou nehodou a leteckou událostí. Pro vyhodnocení letu je důležité správně klasifikovat událost. V textu níže se vyskytují definice, které zdánlivě nesouvisí s vyhodnocením letu. Do testovacích letů však budou zakomponovány pro názornost skutečné

situace, tak aby byla zřetelná pozice letové posádky versus vyhodnocení letu z pohledu vyhodnocení letu a je nutné základní definice znát.

Letecká nehoda

Definice amerického úřadu pro vyšetřování leteckých nehod NTSB využívá k měření bezpečnosti tyto definice [C.A.S.]:

- Letecká nehoda – náhoda spojená s provozem letadla, která se odehrává mezi dobou nástupu jakékoliv osoby na palubu letounu za účelem letu a dobou, kdy takové osoby vystoupili z letadla a došlo jakékoliv osobě nebo osobám k utrpení fatálního nebo vážného zranění nebo na letadle došlo ke značnému poškození. U českého předpisu L13 jsou definovány navíc faktory příčin takových to těžkých zranění, včetně případů kdy se od letadla oddělí jakákoliv část. K letecké nehodě se nepočítají případy, kdy osoba nebo osoby si zranění přivodila sama, došlo k němu přirozenou cestou nebo jej způsobila osoba další. Úraz nebo smrt černého pasažéra, který byl mimo prostory vyhrazené pro přepravu cestujících a posádky není počítán jako letecká nehoda. Dále viz předpis L13.
- Smrtelné zranění – jakékoliv zranění, jehož výsledkem je smrt oběti do 30 dnů od vzniku letecké nehody.
- Vážné zranění – jakékoliv zranění, které vyžaduje hospitalizaci po dobu delší, než je 48 hodin. Například fraktury kostí, poškození vnitřních orgánů a popáleniny.
- Značné poškození - poškození nebo závada, která nepříznivě působí na konstrukci letounu, jeho výkon, nebo na letovou charakteristiku a které normálně vyžadují větší opravu nebo výměnu poškozené části.
- Incident – jiný případ než letecká nehoda, který je spojen s provozem letadla a má vliv nebo může mít vliv na bezpečnost provozu
- Vážný incident - Incident, jehož okolnosti naznačují, že došlo téměř k letecké nehodě. Rozdíl mezi leteckou nehodou a vážným incidentem je pouze v následcích [L13].

- Zranění – nehoda bez smrtelného zranění s nejméně jedním těžce zraněným
- Poškození – nehoda bez usmrcení osoby nebo vážného zranění, během které došlo k jakémukoliv poškození letadla

Letecká nehoda všeobecně a její vyšetřování stále zůstává podstatným zdrojem informací prevence v letecké bezpečnosti. Každá nehoda je pádný a nevyvratitelný důkaz možných nebezpečí. Často jsou letecké nehody katastrofické a nákladné, z tohoto důvodu se hledají možnosti jakékoliv prevence pro zvýšení bezpečnosti, FDM je jedním z partikulárních řešení zvýšení prevence.

Incident

Incidenty jsou události, které mohou být volně definovány jako události blízké letecké nehodě. Kauzální faktory vedoucí k letecké nehodě jsou totožné s faktory vedoucími k incidentu. Všechny letecké nehody začínají jako incident. Jedná se různé kombinace potencionálně nebezpečných úkonů, které méně často přerostou do letecké nehody. Incidenty častěji poskytují lepší data pro analýzu rizik a následnou prevenci. Vyhodnocení události jako incidentu zatím podléhá subjektivnímu dojmu pozorovatele a jiné osobě se může daná událost jevit jinak. Díky tomu může dojít ke ztrátě potřebné informace a vzniká chybný závěr. To platí i pro případ, kdy nedojde k nahlášení zjevné závažné události, která vznikla během incidentu. Mezi incidenty zahrnujeme tyto události:

- Nebezpečné sblížení – incident, který je charakterizován jako případ možného střetu dvou letících letadel a je to sblížení menší než 500 ft od dalšího letícího provozu.
- Nepovolený vstup na vzletovou a přistávací dráhu – jedná se o letadlo, vozidlo či jinou překážku na vzletové/přistávací dráze, která vytváří překážku a nebezpečí kolize nebo ztrátu rozestupů mezi letadlem při vzletu, letadle se záměrem vzletu a se záměrem přistát letadlem.
- Požár za letu – požár, který vypukne na palubě letounu. S následky nebo bez následků poškození. Požár je velmi vysoce nebezpečný vzhledem ke konstrukci letounu pro pasažéry a posádku na palubě. Prostor kabiny cestujících i letové posádky je omezený, během letu hermeticky uzavřený prostor (u přetlakovaných

letadel). Rozhodujícími je také množství paliva na palubě a množství času do zahájení možné evakuace.

- Závada kritické zařízení pro let – tento termín je objektem různé interpretace. Některé případy zahrnují selhání systému řízení letounu a závady na pohonné jednotce.

Letecké nehody poskytují o něco více než informace z důkazů letecké nehody, ale také ukazují na měnící se pravděpodobnosti konkrétních příčin nehod. Díky tomuto poznatku byla zavedena korelace mezi incidenty a leteckými nehodami. Tento vztah vedl k zajištění lepší prevence leteckých nehod a to zkoumáním pravděpodobnosti výskytu incidentů. Při podrobném zkoumání incidentů a pravděpodobností jejich výskytu mohou být objasněny příčiny, které by mohly později vést k letecké nehodě. Avšak záznamy takových to korelací v současné době neexistují, což může mít za následek špatné vyhodnocení incidentů a následně nemusí zabránit letecké nehodě. Existují dva stěžejní problémy, které musí být konfrontovány při hledání korelace mezi incidentem a leteckou nehodou. Prvním problémem je zjištění, zda existuje časové zpoždění mezi incidenty a leteckými nehodami, zjištění délky takového zpoždění a určení, zda je konstantní. Mezi druhý problém počítáme fakt, zda je možné věřit, že vztah mezi leteckou nehodou a incidentem je statický. Vliv na korelaci oslabují inovace technologií v letectví, zvýšení znalostí a zkušeností z oblasti bezpečnosti letu. Příkladem nám může být například provoz letounu typu B727, který měl po léta problémy se závadami motorů, ale ani jedna letecká nehoda nebyla doposud této skutečnosti přisouzena. Příčina se dá spatřovat v neustálém vývoji postupu zabránění letecké nehody vlivem závad pohonné jednotky. Rozbory a vyšetření leteckých incidentů jsou nejvíce efektivní prostředky prevence incidentů. Nejvíce důležité charakteristika incidentů jsou tyto:

- Incidenty jsou totožné s leteckými nehodami, vyjma nedostatku událostí, které způsobí zranění nebo poškození. Incidenty proto mohou odhalit stejné nebezpečí jako letecké nehody, bez spojení se zraněním nebo poškozením.
- Incidenty jsou daleko častější, než letecké nehody (10x až 100x případů častěji)
- Lidé přítomní incidentu jsou schopni poskytnout relevantní informace k možným rizikům a příčinám

Zavedení systému vyhodnocení letu a systému rozborů incidentů vyžaduje v dnešní době nemalé finanční prostředky, instalace systému AirFaSe stojí cca 180 000 USD a jeho roční

servis 18 000 USD, a značný počet odpracovaných hodin. Zkušenosti leteckých společností však dokazují, že se jedná o systémy finančně-efektivní. Zavedená prevence díky těmto systémům v určitých situacích šetří finanční zdroje letecké společnosti. Často však chybí dobrý systém hlášení incidentů, nebo lidé nejsou dostatečně motivováni k podávání zpráv o incidentech. Zkušenosti ukazují, že úspěch systému hlášení z letu je založen na těchto vlastnostech:

- Důvěra – lidé, kteří informace poskytnou, musí být schopni věřit, že tyto informace nebudou použity proti nim. Bez takové důvěry nejsou lidé ochotni ohlásit jejich chyby a další závažné situace, kterých si jsou vědomi. Základní požadavek v systémech vyhodnocení letu je vytvořit systém, který netrestá neúmyslné chyby a omyly. Z mnoha záznamů letu není možné přesně vyhodnotit situaci a spolupráce konkrétní posádky na objasnění události je vyžadována. Let může na záznamu ukazovat na závažné incidenty, avšak ve skutečnosti mohlo jít o běžný let bez pochybení.
- Nezávislost – vyhodnocení letových údajů by mělo ideálně bez kontroly úřadu civilního letectví. V některých státech vykonává FDM třetí strana, která řídí tzv. dobrovolný systém hlášení incidentů. Pak je požadováno od leteckého úřadu využití těchto dat pouze pro prevenci.
- Jednoduchost hlášení – pokud chceme, aby nám letové posádky poskytovaly potřebné údaje z jejich strany, pak potřebujeme co nejvíce jednoduchý systém podávání hlášení. Forma by měla poskytnout prostor pro co nejširší možné popsání události a možnost rychlé klasifikace. Například zde můžeme zařadit klasifikaci druhu letu, počasí, LVO atd.
- Znalosti – vyhodnocení incidentů vyžaduje značný čas a úsilí uživatele, který by měl být s tím v souladu vyškolen
- Zpětná vazba – je důležitá pro orgány, které mají konečnou zodpovědnost za eliminaci nebezpečí

Jsou tedy charakterizovány jednotlivé letecké události a stanoveny požadavky na systém hlášení těchto událostí. Tyto data je pro jejich další využití nutné zpracovat do distribučního systému, kde dojde k jejich dalšímu využití. Simulator typu BITD založený na PC teologiích je díky nízké ceně pořízení a tudíž i možné nízké ceně vhodný pro dlouhodobější výcviky.

Ty umožní zavedení statistických měření jednotlivých posádek i zjištění ukazatele kvality výcviku. V současné době koncepce simulátoru disponuje neadekvátním systémem záznamu dat a dalšími možnostmi využití moderních technologií pro záznam a vyhodnocení letu se zaobírá až v dnešních dnech nastupující koncepce letecké simulace, zmíněna níže. S moderním trendem vývoje letecké simulace je tedy vhodné zmínit systémy záznamu a ohlašování událostí v civilní letecké dopravě, jelikož se jeví do budoucna možnost zakomponovat podobné struktury i do prostředí leteckých simulátorů.

2.2 Záznam a ohlašování bezpečnostních dat vs. simulace letu

Výměna dat o leteckých nehodách a incidentech na mezinárodní úrovni poskytuje širokou oblast zkušeností, které tvoří základ vedení bezpečnosti v civilním letectví a poskytuje potřebná data pro vytváření statistik. U leteckých společností, které mají zakomponováno FDM do svého bezpečnostního programu, se výměna dat z FDM provádí pouze na úrovni leteckých nehod a incidentů. Ostatní události se vyhodnocují interně do firemních statistik. Výhodou zavedení výměny informace o leteckých nehodách a incidentech je především umožnit menším státům, u kterých není možné provozovat a udržovat takový systém, přístup k informacím o možných rizicích. Potřebou systému je disponovat dohodnutým kódováním dat pro jeho efektivitu. To platí jak pro jednoduchý manuální systém hlášení, tak i pro více komplexní elektronický systém zpracování dat (EDP). Kódování na mezinárodní úrovni je definováno ve specifikaci ATA 100 a využito v systému ADREP organizace ICAO a u několika národních systémů. Systém této úrovně v současné koncepci leteckých simulátorů nemá využití, lze však použít částečně jeho strukturu pro systémy letecké simulace. ICAO ADREP je celosvětový databázový systém informací leteckých nehodách a incidentech pro velké komerční letouny, který je definován dokumentu 9156. ICAO a základní strukturu tvoří:

- Shrnutí ADREP - počítačově generovaná publikace, která obsahuje předběžné zprávy a datové hlášení za období 2 měsíců. Poslední roční vydání obsahuje komplexní roční zprávu.
- Roční statistiky ADREP – ICAO oběžník s ročními statistikami z databanky systému
- Požadavky ADREP – výtisky z databáze dle specifických požadavků jednotlivých zemí, řídí se ADREP manuálem

Systém ADREP je jedním z mnoha příkladů využití záznamů letových údajů, který je závislý na vývoji počítačových technologií. Modernizace nezasáhla pouze do odvětví systémů bezpečnosti letecké dopravy, ale i do všech ostatních oblastí letectví. Letectví je všeobecně považováno za velmi konzervativní oblast, která se úspěšně brání rychlým změnám. Pokud se ale podíváme do historie modernizace letadel za posledních 30 let, tak vývoj počítačových systémů a jejich použití na palubách letounů je velmi znatelný. Před 30 lety byla doba v počítačovém světě na úrovni sálových počítačů a začátek éry nástupu osobních počítačů, při pohledu do kokpitu byla míra automatizace velmi malá. Dnešní návrh kokpitu letounu A350 disponuje např. již systémem řízení Fly-By-Wire oproti přímému řízení, plně integrované systémy oproti autonomním přístrojům a tzv. elektronickým leteckým kufříkem, který obsahuje informace pro provoz letounu, nahradil papírové formuláře a poznámkové bloky. Srovnání viz obrázek 2.4.



Obr. 2.4 – Srovnání modernizace kokpitu letounu v závislosti na vývoji výpočetní techniky

Tento vývoj se z letadel také samozřejmě přenesl do prostředí leteckých simulátorů. Z hlediska záznamu dat jsou v současné době kladeny velmi malé nebo žádné nároky na záznam letu u STD, tento fakt se opírá o předpisy JAR-STD1A, JAR-STD2A, JAR-STD3A a JAR-STD4A. U kategorie leteckého simulátoru typu BITD a FFS dle předpisů minimální technické požadavky na záznam nejsou vůbec vyžadovány. Kategorie FNPT I a FNPT II je pouze minimální technický požadavek na nákres přiblížení a možnost vytisknutí mapy zalétnutého přiblížení. V ostatních případech nemá instruktor nebo examinátor možnost přesně konfrontovat letovou posádku vůči provedenému letu. Mnoho společností, které vyrábějí simulátory, však záznam letu v omezené míře implantují do svých výrobků. Například simulátor typu BITD švýcarské společnosti Elite disponuje v rámci instruktorského stanoviště zobrazením pozice letadla, kurzu, nadmořské výšky, indikované vzdušné rychlosti,

letěné tratě a informací o nastavení odpovídače. Tyto data lze v reálném čase vytisknout, což znamená, že údaje musí být vytištěny v požadovaném okamžiku manuálním příkazem k tisku. Se zajišťováním stálého rozvoje prevence bezpečnosti civilní letecké dopravy v oblasti letecké simulace je tato koncepce pro budoucí potřeby nedostačující a 10. Listopadu v roce 2010 byla v Istanbulu představena nová architektura leteckých simulátorů pro potřeby moderních letadel na European Airline Training Symposium (EATS). Mezi evoluční faktory nového přístupu k výcvikovým zařízením patří potřeby:

- zajistit souběžnost mezi leteckými simulátory a implementací nových systémů a technologií v civilní letecké dopravě
- zajistit zvýšení vyobrazení prostředí simulátoru
- přizpůsobit simulátory novým potřebám, které jsou zaměřené na aspekty působení lidského faktoru v letectví. U dnešních simulátorů je výcvik zaměřen převážně na závady (viz. tabulka 1 - vlivu lidského faktoru u fatálních leteckých nehod)
- zavést záznam letu a vyhodnocení události do výcvikového zařízení a osnov výcviku pro zlepšení způsobilosti letové posádky

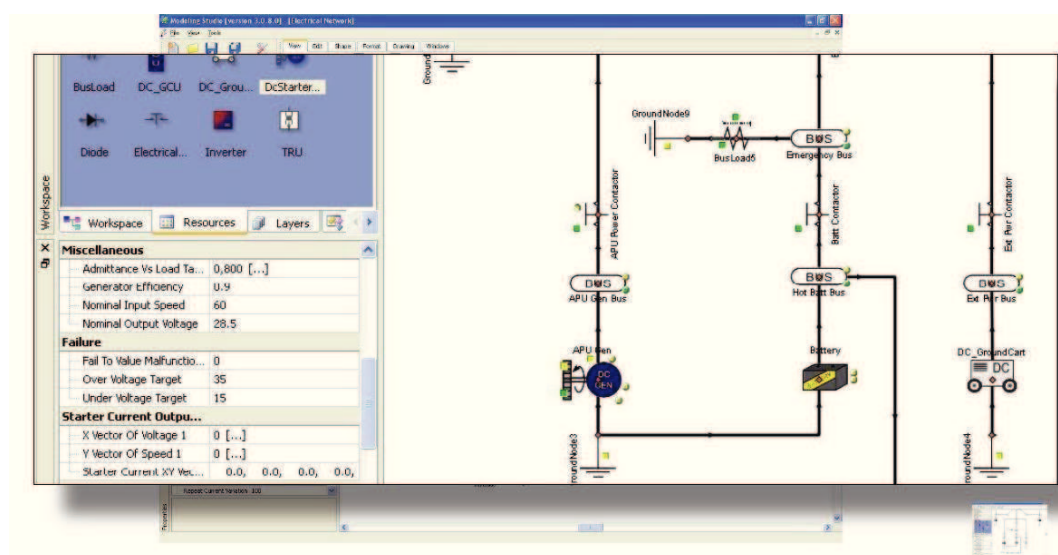
Fatální letecké nehody dle kategorií (v procentech)							
Příčiny	50.léta	60.léta	70.léta	80.léta	90.léta	2000-2010	vše
Chyba pilotáže (nezařazena)	40	32	24	25	27	26	29
Chyba pilotáže (spojená s počasím)	11	18	14	17	21	17	16
Chyba pilotáže (spojená s mechanickou závadou)	7	5	4	2	4	3	5
Chyba pilotáže celkem	↑ 58	↑ 57	↓ 42	↓ 44	↔ 53	↔ 46	50
Další chyby lid.faktoru	0	8	9	6	8	8	6
Počasí	16	10	13	15	9	9	12
Mechanická závada	21	20	23	21	21	28	22
Sabotáž	5	5	11	13	10	9	9
Další příčiny	0	2	2	1	0	1	1

Tabulka 2.1 – Vliv lidského faktoru u fatálních leteckých nehod (čerpáno z www.planecrashinfo.com; statistika zahrnuje 1300 leteckých nehod)[7]

Podle této dohodnuté koncepce je potřeba vyvíjet letecké simulátory v souladu s potřebou:

- přijetí nových softwarových architektur do prostředí simulátoru
- zavedením rozvinutého syntetického prostředí simulace
- integrace dat z FDM do výcvikových osnov

Ve stávající architektuře je třeba změnit podle této koncepce přístup, který umožní rychlé zařazení změn modelů na grafické bázi a dalších změn dle vývoje letadel. Ze strany výrobce je tento program podmíněn kvalitní a rychlou zákaznickou podporou. V případě poruchy softwaru a hardwaru je nutné vyvinout diagnostické nástroje, které budou implementovány do simulátoru pro automatické odstranění závady nebo zajištění nouzového chodu systému. Posledním stěžejním požadavkem je změna přístupu k implementacím softwaru a hardwaru cizích společností do stávajících systémů simulátorů, tedy vytvořit universální platformu široce přístupnou progresivní modernizaci. Rychlé změny prostředí simulace budou v těchto systémech pomocí grafických systémů podobných schématům palubních systémů, viz obrázek 2.5.



Obr. 2.5 – Systém řízení a diagnostiky simulace nové koncepce leteckého simulátoru

Oproti stávajícím systémům je počítáno s automaticky aktualizovanou databází s dispozicí řádově stovek letišť, rozdělení vzdušných prostorů a aktualizaci leteckého provozu. Všechny data budou vycházet z nejnovějších databází společnosti Jeppesen. Velmi důležitou roli při zajištění simulace skutečného provozu a možnými riziky vlivem lidského faktorů. Mezi takové simulované situace můžeme zařadit let v úplavu za větším letounem, nebezpečné sblížení s jiným letounem během letu i při pojíždění atd. (příklad obr. 2.6). Veškeré druhy simulace, to i simulace ATC a komunikace, bude podřízena stávajícím doporučením a nařízením. Například jde o dokument sdružení IATA „*Simulated Air and Ground Traffic Enviroment for Flight Training, level 2*“.



Obr. 2.6 – Simulace letového provozu u nové koncepce LS

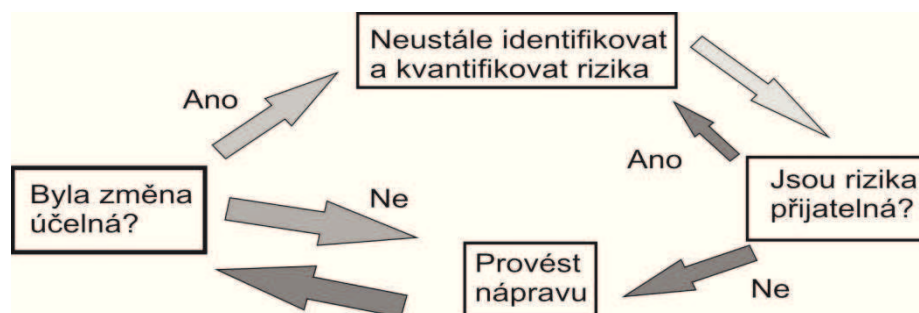
Vzhledem k této práci je příznačné vyvýšit zamýšlené využití FDM u nové koncepce leteckých simulátorů. Nový přístup má za úmysl propojit skutečný svět letectví a oblast letecké simulace. Z každého letu, na simulátoru, budou vytvořeny statistiky událostí a incidentů a ty následně srovnány v bezpečnostním centru se záznamy zapisovačů v civilním letectví. Taková aplikace bude zpětně dodávat data do aplikace instruktáže a rozboru po letu v prostředí simulátoru. Mezi výstupní data z bezpečnostního centra můžeme zahrnout analýzy, animace a zprávy leteckých nehod a incidentů. Pomocí těchto informací lze pak nejen ovlivňovat školené posádky v předletové a poletové přípravě, ale také přímo ovlivnit podmínky letu vstupem těchto dat do simulace. Filozofie přístupu této koncepce vychází z potřeb dnešního letectví a velká část jejích požadavků je splnitelná díky moderním IT technologiím již dnes.

3. Vyhodnocování letových dat (FDM)

Je systematické, preventivní a netrestající využití digitálních letových dat z pravidelného leteckého provozu vedoucí k zlepšení bezpečnosti civilního letectví. Programy FDM pomáhají provozovateli identifikovat, kvantifikovat, ohodnotit a adresovat provozní rizika. Vývoj FDM programů se datuje k počátku 70. let 20. století a výhody se ukázaly natolik zřejmé, že organizace ICAO vydala doporučení k zavedení vyhodnocení letu u letadel nad 20 tun maximální hmotnosti. Později 1. ledna 2005 se FDM stal standardem u letounů s váhou převyšující 27 tun. To zahrnuje velké rozpětí leteckých provozovatelů a nelze z těchto důvodů využívat pouze jeden systém FDM. Velikost a stáří letounu může určit vhodné parametry pro analýzu. Tato kapitola je věnována politice, přípravě a uvedení FDM do prostředí simulátoru typu BITD. Vychází se ze skutečných principů FDM leteckých provozovatelů, které by se měly stát základem a v budoucnu možnou akceptovatelnou formou leteckým úřadem. Jak pro leteckého dopravce, tak i pro prostředí simulátoru systém FDM umožňuje porovnat zavedené standardní provozní postupy (SOP) s dosaženými výsledky. Ve skutečném leteckém provozu je zpětná vazba realizována SMS systémem, který umožní časově správný zásah, než dojde k významné odchylce od SOP. Základními úkoly FDM by měly být:

- Identifikovat oblasti provozních rizik a kvantifikovat současné bezpečnostní hranice; např.: výskyt přerušených vzletů, tvrdé přistání, nestabilizovaná přiblížení
- Identifikovat a kvantifikovat změny provozních rizik zvýrazněním nestandardních, neobvyklých nebo nebezpečných okolností; např.: nové události, nové lokace
- Pomocí získaných informací výskytu a náročnosti jednotlivých události posoudit rizika a odhalit trendy spějící k nebezpečným situacím; např.: při zavedení nové postupu přiblížení se vlivem velké rychlosti klesání letoun přibližuje spuštění GPWS varování v oblasti prahu dráhy
- Sloužit jako nástroj, který vede k zmírnění neakceptovatelných rizik v současnosti nebo podle vývoje směřující k riziku v budoucnosti; např.: nalezení vysoké rychlosti klesání, v souladu se SOP, to vede k vylepšení postupu k lepšímu poměru optimální/maximální rychlosti klesání

- Potvrzení efektivity jakékoliv nápravné akce pokračováním sledování; např.: v případě postupu přiblížení sledovat, že díky změně SOP nedochází ke zhoršení bezpečnosti (princip viz obr. 3.1)



Obr. 3.1 – Princip kontroly změn skrze FDM

Typický systém FDM pracuje jako soubor jednotlivých procesů. Začátkem i koncem řetězce principu takové systému je sběr dat, ten se provádí buď nahráním dat z magnetooptického disku, PCMCIA karty, pásky nebo přes bezdrátové systémy sběru dat většinou na domovském letišti. Data se následně uloží do databáze FDM a provede se analýza, případně i přehrání letu. Na základě analýzy jsou data rozdělena do 4 kategorií: data překročení, rutinní data, data incidentů, data letové způsobilosti. Z databáze čerpají statistiky pro kontrolu jakosti a auditů. Operátor data vyhodnotí a pošle dále pro realizaci nápravy, například vedoucímu instruktorů, na nápravu má dohled safety manažer. Při zpracování binárních dat z média do databáze FDM prochází tento proces pečlivou kontrolou a ověřováním korektnosti dat pro zajištění věrohodnosti výstupu dat. Data poškozená nebo neúplná nesplňují kritéria věrohodnosti a stávají se bezcennými. Médium může obsáhnout záznam od 20h až do kapacity více než 300h. Je tedy důležité zvolit vhodně interval výměny médií. Jinak může dojít při chybě záznamu ke ztrátě velkého množství dat, což se projeví na vývoji trendů. V dnešní době se ukazuje, že pohled do historie provozu se stává klíčovým prvkem. Data překročení řadíme do oblasti tradičního přístupu vyhodnocení informací a vychází z požadavku detekce odchylek od letových omezení, SOP a dobré techniky pilotáže. Hovoříme o základním souboru událostí, který patří do hlavní oblasti zájmu provozovatele. Mezi tyto základní požadavky u dat překročení řadíme:

- Vysoká rychlost odpoutání letounu při vzletu
- Varování při letu na pádové rychlosti

- Varování systému GPWS
- Překročení rychlosti na klapkách
- Přiblížení na vysoké rychlosti
- Nad/pod sestupovou rovinou systému ILS
- Tvrdé přistání

Pro sledování jemných trendů a tendencí je důležité získávat nejen údaje o překročených limitech, ale musíme zhodnotit data ze všech letů. Výběr parametrů měření musí být dostatečný k charakterizování každého letu a umožnit srovnávací analýzu široké oblasti provozních aspektů. Příklady takových parametrů mohou být:

- Vzletová hmotnost
- Nastavení pozice vztlakových klapek
- Teplota
- Rotace a rychlosti vzletu vs. tabulkové rychlosti
- Maximální míra stoupání a letové polohy během rotace
- Rychlosti při zasunutí a vysunutí podvozku
- Výšky a časy

Data z FDR by měly být použity jako součást běžného sledování povinných okolností vzniku incidentů. Doplní výpovědi letových posádek a vytvářejí celkový pohled na situaci incidentů, kvantifikuje dojmy získané ze vzpomínek po události. Pro příklad můžeme zmínit situaci vlétnutí do úplavu; jakékoliv problémy s řízením letounu; závady systému, které působí na provoz letounu; mimořádné události, jako vzlet na vysoké rychlosti; manévry při kterých dojde ke spuštění výstrahy systému GPWS a TCAS. V případě dat letové způsobilosti hovoříme o využití informací z leteckých událostí v součinnosti s běžnými informacemi z každého letu, což přispívá značnou mírou k udržování letové způsobilosti letounu. Programy sledování pohonných jednotek využívají měření provozu těchto jednotek k získání obrazu efektivnosti a možnému předvídání budoucích výkonů. Hodnocení a sledování vyhodnocovaných informací FDM operátorem patří ke kritické části celého procesu.

Vzhledem k systému jsou vloženy mechanismy detekce, ověřovací a následná distribuce informací plně závislé na schopnostech operátora. Data musí být hodnocena s přihlédnutím na stávající provozní postupy, konkrétní letiště, typu přiblížení a případně na dalších faktorech. Nejvíce běžným případem, kdy se jeví let jako rizikový, je případ kdy letová posádka provádí vizuální přiblížení za nastavených podmínek pro ILS přiblížení. Pokud je zjištěno nebezpečí nebo potenciální nebezpečí, je první krok vyhodnotit, zda je riziko přijatelné. Pokud tak není, je třeba vykonat vhodnou nápravnou akci pro zmírnění možných dopadů a také možných dopadů změn. Zodpovědnost za takové nápravné opatření musí být plně definována. Příkladem je možno zmínit situaci provedení postupu nezdařeného přiblížení, kdy dojde k prodlevě přes 20s mezi nastavením vztlačových klapek a mezi zasunutím podvozku. Provozovatel díky této události do dalších kontrol na simulátoru zvýšil důraz na nácvik postupu nezdařeného přiblížení. Během nácviku bylo zjištěno, jak je snadné během stresové situace nezaznamenat monitorujícím pilotem pokyn pro zasunutí podvozku při stoupání. Tento závěr zdůraznil význam týmového úsilí během postupu nezdařeného přiblížení. Po zavedení nápravy je nutné konkrétní oblast nadále sledovat a pečlivě zhodnotit veškeré rizika, které vyplynuly ze změny stavu. Bez dalšího sledování veškerých měřených veličin nelze označit změnu za úspěšnou.

3.1 Vyhodnocení letu v systému řízení bezpečnosti (SMS)

Principy úspěšnosti SMS systému jsou stejné u programu FDM, který se osvědčil více efektivně s implementací systému řízení rizik. Tato kapitola popisuje význam SMS a jak k dnešním dnům využívá FDM. Safety Management System (SMS) založený na doporučení ICAO Annex 6 Pt 1 (v ČR národní předpis L6, dodatek 7), je koncept pro zavedení prevence leteckých nehod a programu bezpečnosti letu u leteckého provozovatele. Tento systém může být integrován spolu se systémem řízení kvality. Vhodným dokumentem pro zavedení a udržování SMS systému je ICAO dokument 9422, ten také popisuje procesy systému řízení rizik. SMS lze definovat jako proces systematického řízení rizik spojený s leteckým provozem, souvisejícím pozemním provozem a údržbou letadel k dosažení vysoké úrovně bezpečnosti. Celý SMS je výslovná součást řízení společnosti a spadá pod její zodpovědnost.

Tři základní předpoklady pro zavedení SMS systému:

- Komplexní přístup provozovatele k otázce bezpečnosti provozu
- Efektivní organizace zajištění bezpečnosti
- Zavedení systému k dosažení dohledu nad bezpečností

Na systém mohou být kladeny následující požadavky:

- Systémové uspořádání pro analýzu letových dat
- Rozšíření oznamování bezpečnostních událostí/problémů
- Interní bezpečnostní vyšetření incidentu vedoucí k nápravě
- Efektivní zpracování bezpečnostních dat
- Uspořádání pro současnou propagaci bezpečnosti provozu
- Přehledy plánovaných bezpečnostních auditů
- Periodický přehled SMS systému
- Aktivní sledování systému nadřízenými

Kultura bezpečnosti je velmi důležitý nástroj, který podléhá mnoha důležitým faktorům zmíněným následovně. Politika bezpečnostního managementu by měla být založena na závazku nejvyššího stupně směřující k obchodním cílům a přitom minimalizovat riziko letecké nehody, jak je možné tyto požadavky praktikovat. Takový závazek vedení zavede aktivní přístup k prevenci bezpečnosti a systematickému bezpečnostnímu managementu, který zahrne všechny úrovně provozu a stane se přehledným. FDM program může nejlépe plnit svou funkci v prostředí, kde již fungující silná bezpečnostní kultura. Zde řadíme pojem, který by se volně mohl přeložit jako „otevřené bezpečnostní svědomí“. V praxi jde o ochotu určit potenciální rizika v sobě samém a u druhých, třetích osob takovým způsobem, že nápravná opatření budou přijata bez sankcí. To vyžaduje účast SMS na všech úrovních. Pokud někdo pojme podezření na vznik potenciálního rizika, tak by neměl zvažovat tento fakt a oznámit jej, případně obávat se následných protiopatření. Obecně totiž platí, že letové posádky jsou u FDM největším zdrojem. Zde se tedy musí využít zásada „učit se a ne obviňovat“. Je nezbytné neuchylovat se ke kritice a přistoupit k objektivnímu zhodnocení celé

situace a na chyby poukazovat pouze v pohledu poučení z dané situace. Pokud safety manažer nevede osoby zúčastněné v leteckém provozu provozovatele ke kolektivnímu zlepšování bezpečnosti a naopak uplatňuje represivní opatření, dochází k narušení funkčnosti SMS systému a potažmo i práce FDM programu. Nevýhodou FDM v rámci všech SMS systémů je relativně nejnižší přínos výhod z finanční stránky. Avšak údaje získané z FDM mohou významně ovlivnit subjektivní zprávy při vyšetřování leteckých nehod a incidentů. Dále FDM přináší nesporné přínosy do bezpečnosti leteckého provozu, oblasti avioniky a údržbu systémů, údržby motoru, monitorování, řízení letového provozu a plánování. V rámci bezpečnostní kultury provozovatel musí zahrnout, spojit a integrovat informace z mnoha různých zdrojů dat v rámci jeho provozu.

Identifikace rizik

Riziko lze pro náš případ definovat jako **kombinaci** pravděpodobnosti, nebo četnosti možného výskytu nebezpečí a rozsahu případně vzniklých důsledků. V zásadě se dělí rizika do 4 kategorií podle vzniklých účinků, viz. tabulka 3.1 níže.

Kategorie	Výsledek působení jednoho nebo více faktorů
Katastrofická	Ztráta letounu
	Více smrtelných nehod
Nebezpečná	významné snížení bezpečnostních limitů
	Fyzická nouze nebo silné zatížení posádky, kdy nemůže být spoléháno na přesné a úplné plnění jejich úkolů
	Vážné nebo smrtelné zranění vztahované k relativně malému počtu cestujících
Důležitá	Výrazné snížení bezpečnostních limitů
	Snížení schopnosti letové posádky se vyrovnat s nepříznivým provozním stavem, zhoršuje se jejich účinnost
	Zranění cestujících
Vedlejší	Provozní omezení nebo nouzových postupů
	Nepříjemnosti

Tabulka 3.1 – Klasifikace bezpečnostních rizik

A těmto rizikům je také přiřazena určitá pravděpodobnost, viz. tabulka 3.2 níže.

Pravděpodobnost výskytu	Kvantitativní definice	Kvalitativní definice
Extrémně nepravděpodobná	Pravděpodobnost < 10^{-9} na letovou hodinu	Prakticky by se neměla vyskytnout během celé životnosti flotily
Extrémně vzdálená	Pravděpodobnost mezi 10^{-7} a 10^{-9} na letovou hodinu	Nepravděpodobná u několika systému stejného typu, ale je třeba s ní počítat
Vzdálená	Pravděpodobnost mezi 10^{-5} a 10^{-7} na letovou hodinu	Nepravděpodobná situace, že dojde v průběhu celkové provozní doby u každého systému, ale může k ní dojít několikrát při zvažování několika systémů stejného typu.
Pravděpodobná	Pravděpodobnost mezi 1 a 10^{-5} na letovou hodinu	K situaci může dojít jednou nebo několikrát během celkové provozní doby

Tabulka 3.2 – Kvantifikace a kvalifikace výskytu událostí

Na závěr jsou tyto dva aspekty sdružené v matici tolerance rizik, která definuje maximální míru výskytu, povolenou pro konkrétní dopad událostí. Tabulka 3.3 ukazuje minimální normy bezpečnosti, které by měly být použity. Požadavek na bezpečnost může být u každého rizika však ve skutečnosti jiný.

Pravděpodobnost	1 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
Možnost výskytu	Častá			Dostatečně pravděpodobná		Vzdálená		Extrémně vzdálená		Extrémně nepravděpodobná
Kategorie rizika	Vedlejší					Důležitá		Nebezpečná		Katastrofická

Tabulka 3.3 – Matice tolerance rizik

Tato matice je vodítkem pro bezpečnostního analytika v otázce definování toho, co je v bezpečnosti ještě únosné. Ve skutečnosti však mnohé závisí na posouzení rizik a závažností incidentů. Jako příklad můžeme uvést několik situací s potencionálním vysokým rizikem, které v dobrém případě nevedou k jakémukoliv poškození letounu: při velmi silném stříhu větru není proveden rychlý postup nezdařeného přiblížení, ale pokračuje se na přistání; díky dlouhému manévru při přistání a uspěchanému přiblížení nedojde k vyjetí z dráhy po přistání jenom díky dobrým brzdícím podmínkám; pomalá reakce letové posádky na varování GPWS při letu pod sestupovou rovinou přiblížení ILS nevedla ke vzniku problému díky tomu, že letoun se nenacházel v místě kritického rozestupu od terénu. Celkové riziko určíme ze znalosti současného provozu leteckého provozovatele. To může být získáno na základě expertních odhadů, již získaných zkušeností a zavedeného programu FDM. Veškeré bezpečnostní data by měly být použity pro úpravy modelu rizikového prostředí. Výsledky FDM analýz při počátečním hodnocení formulují základní linii bezpečnosti a naznačí možné změny měřených údajů v budoucnu. Cílem je identifikovat nedostatky a stanovit zlepšení současně. Vyhodnocení dat se tedy stalo nepostradatelným nástrojem pro vedení SMS, což je patrné z následujících výhod implementace FDM, tj.:

- Dává poznatky o aktuálním provozu, více než se předpokládalo.
- Poskytuje širší znalosti o leteckých nehodách a incidentech.
- Zřízením programu FDM dává nahlédnout let. provozovateli do jeho provozu.
- Pomáhá definovat vyrovnávací oblast mezi normálním a nepřijatelným provozem.
- Označuje potenciální i skutečné nebezpečí.
- Poskytuje informace na základě modelu rizik.
- Označuje trendy, stejně jako úroveň rizik.
- Může poskytnout důkazy o zlepšení bezpečnosti.
- Zdroj údajů pro Cost-Benefit studie.
- Poskytuje nepřetržitý a nezávislý audit bezpečnostních norem.

3.2 Výklad a použití informací získaných z vyhodnocení letu

Interpretace a ověření získaných informací je kritickou částí vyhodnocení letu, i když jde o pracnou část. Strategie ověřování platnosti dat proto vyžaduje kontrolu běžných letových dat jednak softwarově, tak i vizuálně pomocí operátora. Počet všech kontrolovaných parametrů neodpovídá využití u běžného vyhodnocení letu, avšak v případě vzniku incidentů je jejich využití účelné. Z tohoto důvodu je nutné zavést kontrolní mechanismy pro validaci dat. Strategie, která popisuje četnost kontrol a dokumentování "příležitostných" kontrol během analýzy, by měla být stanovena jako součást základního postupu údržby systému. Z hlediska ověřování dat dělíme získané informace do oblasti běžně používaných parametrů (např. vzdušná rychlost, nadmořská výška, akcelerace, řízení letu, hlavní módy systému autopilota), oblasti méně používaných dat (např. záložního systému vysouvání vztlakových klapek, méně běžné módy automatického letu, varování systému GPWS a jiné varování) a oblasti obtížně kontrolovatelných parametrů (např. varování překročení tlaku v hydraulickém systému, signalizace požáru, překročení hodnot N1). Při vyhledávání chybných dat je jeden z možných indikátorů např. špatné datum záznamu, operátor hledá jakoukoliv anomálii od normálního stavu. Mezi špatnými daty je možné najít i záznamy, u kterých není možné přesně určit příčinu špatného záznamu. Může jít buď o poškození trvalého rázu vlivem náročných změn ve vybavení, nebo softwaru. Druhou možností je chyba čidla nebo procesorové jednotky. Při chybném získání dat lze například v případě špatného záznamu determinovat spolehlivost záznamu díky odlišnosti části záznamu od potencionálně správné části záznamu a jejího trendu vývoje. Podstatou dobrého výkladu je schopnost rozpoznat operátorem to, co je odlišné nebo neobvyklé. Chcete-li analytik označit data za „normální“, pak musí mít znalosti o tom, jak můžou vypadat a případně predikovat jejich variace, které spadají do přiměřeného rozsahu. Pokud situace dovoluje, může operátor využít kontrolu pomocí tabulky významných a s nimi spojených parametrů, viz. tabulka 3.4. Jde o metodu křížové kontroly. Ta ilustruje změnu vázaných parametrů s významným parametrem. Data a události by měly být vždy hodnoceny dle standardních provozních postupů provozovatele. Jako pomůcku je dobré určitou šablonu pro vyhodnocení, nejčastěji se jedná o typický let okomentovaný v určitých časových okamžicích dle provozních postupů. Výhodou do budoucna je uložit vzorová nepoškozená data spolu s daty vadnými pro další výcvik operátora a seznámení s FDM. Příklady takových dat: významné události a neobvyklé scénáře; přerušení vzletu; reakce na GPWS; exemplární případy, kdy jsou SOP přesně dodrženy; ukázky dobré i špatné techniky pilotáže zdůrazňují potenciál problémy posádek. Přes provedenou kontrolu nejvíce zřejmých chyb, které tvoří většinu, by se operátor měl zaměřit na kontrolu jemných a

málo významných niancí. Takové situace, které vyplývají ze záznamu, se jeví zprvu jako nevysvětlitelné. Po širším zkoumání se pak většinou najde chyba v záznamu. Mezi příklady takových niancí můžeme zařadit chybnou hmotnost letadla, chybný parametr ofsety, poruchy rádiového výškoměru, chybnou polohu páky ovládání aerodynamický brzd, atd. Na druhé straně může jít také o chybu ve vyhodnocovacím programu. Například se pak jedná o chybný zdroj přijatých dat o hmotnosti, o chybu v tabulce limitu dané specifikace letounu a podobně. Jak již bylo zmíněno, operátor musí při vyhodnocení vzniklých události brát v potaz podmínky jejich vzniku. Události při vzletech a přiblíženích se musí vztahovat k fyzikálním a postupovým charakteristikám daného letiště. Při obdobích špatných meteorologických podmínek je nutné tento fakt vzít v úvahu také.

	Time	Altitude	Airspeed	Heading	Vertical Acceleration	Pitch Attitude	Roll Attitude	Manual Mic Keying	Engine Thrust	Longitudinal Acceleration	Pitch Control Position	Lateral Control Position	Yaw Control Position	Pitch control surface position	Lateral control surface position	Yaw control surface position	Lateral acceleration	Pitch trim surface position	Trailing edge Flaps	Leading edge Flaps Slats	Thrust Reverse position	air ground sensing	Angle of attack
(1) Time																							
(2) Altitude			✓	✓	✓			✓	✓				✓		✓				✓	✓		✓	
(3) Airspeed		✓															✓	✓	✓	✓	✓		
(5) Heading		✓					✓				✓			✓									
(4) Vertical Acceleration		✓				✓				✓	✓			✓		✓						✓	
(7) Pitch Attitude											✓			✓			✓						✓
(8) Roll Attitude				✓										✓		✓							
(6) Press to Transmit for each transceiver		✓																					
(9) Thrust of each engine		✓																			✓	✓	
(11) Longitudinal Acceleration					✓											✓	✓	✓	✓	✓	✓		
(18) Pitch Control Position					✓	✓							✓					✓					✓
(19) Roll Control Position				✓			✓							✓									
(20) Yaw Control Position		✓													✓								
(18) Pitch Control Surface Position					✓	✓					✓							✓					✓
(19) Roll Control Surface Position				✓			✓					✓											
(20) Yaw Control Surface Position		✓											✓										
(16) Lateral Acceleration					✓		✓			✓													
(17) Pitch trim			✓			✓				✓			✓										
(10) Trailing edge Flaps		✓	✓							✓										✓			
(14) Leading edge Devices stowed/deployed		✓	✓							✓													
(13) Thrust Reverser stowed/deployed (each engine)			✓						✓	✓												✓	
(12) Undercarriage squat or tilt switch		✓	✓		✓				✓	✓											✓		
(15) Angle of Attack						✓					✓			✓									

Tabulka 3.4 – korelace parametrů

Mezi příklady hodnocených kritérií v kontextu leteckých událostí spadá například parametr délky rozjezdové dráhy, nadmořská výška letiště, poloha letiště vůči okolním překážkám, přiblížovací zařízení, ATC standardy, postupy hlukových omezení. Po verifikaci události, kdy dojde k potvrzení správnosti vzniklé situace, je potřeba operátorem důvěrně kontaktovat posádku pro objektivní doplnění informací o celé situaci. Tento postup je dobré zahájit co nejdříve, jelikož poskytne velké množství užitečných informací, jako jsou: problémy během provádění provozních postupů, informace o činnosti ATC, meteorologické podmínky, technické problémy. Díky závěrům vzešlým z FDM pak může dojít ke zlepšení SOP provozovatele, pochvale posádky za dobře vyřešenou situaci a tedy celkovému zlepšení prostředí vzhledem k bezpečnosti.

3.3 Legislativa a požadavky na záznam dat u letových zapisovačů

Požadavky na záznam letových dat pro letouny jsou v národních předpisech ČR implementovány do předpisu L-6/II a to konkrétně v doplňku 3.1 o letových zapisovačích. Záznam a vyhodnocení letových dat u leteckých simulátorů nejsou předpisy prakticky k dnešním dnům požadovány. Letové zapisovače chráněné před nárazem tvoří čtyři systémy: zapisovače letových údajů (FDR), zapisovač hlasu v pilotním prostoru (CVR), zapisovač obrazu pilotního prostoru (AIR) a zapisovač komunikace datovým spojem (DLR). Lehké letové zapisovače tvoří čtyři systémy: systém záznamu údajů letadla (ADRS), systém záznamu zvuku v pilotním prostoru (CARS), systém záznamu obrazu pilotního prostoru (AIRS) a systém záznamu komunikace datovým spojem (DLRS). Pro naše účely můžeme z požadavků vyloučit nároky na konstrukci zapisovače a všeobecné požadavky na zapisovače letových dat u dopravních letadel se redukují:

- Zapisovač letových údajů musí začít zapisovat údaje dříve než se letoun začne pohybovat vlastní silou a musí je průběžně zaznamenávat až do chvíle, kdy už se letoun pohybovat vlastní silou nemůže.
- Parametry, které splňují požadavky na FDR jsou uvedeny v následujících odstavcích. Počet zaznamenávaných parametrů závisí na složitosti letounu. Parametry uvedené bez hvězdičky (*) jsou závazné parametry, které musí být zaznamenány bez ohledu na složitost letounu. Navíc, parametry označené hvězdičkou (*) musí být zaznamenány, jestliže je zdroj informačních údajů využíván systémy letounu nebo letovou posádkou pro jeho provoz. Tyto parametry

mohou být nicméně nahrazeny jinými s ohledem na typ letounu a charakteristiky záznamového vybavení.

- Následující parametry musí splnit požadavky pro dráhu letu a rychlost:
 - Tlaková nadmořská výška
 - Indikovaná rychlost nebo kalibrovaná rychlost letu
 - Poloha vzduch-země a snímač polohy vzduch-země na každé noze podvozku, je-li to možné
 - Celková teplota vzduchu nebo teplota venkovního vzduchu
 - Kurz (základní informace letové posádky)
 - Normálové zrychlení
 - Příčné zrychlení
 - Podélné zrychlení (hlavní osy)
 - Čas nebo vztažný počet časových hodnot
 - Navigační údaje*: úhel snosu, rychlost větru, směr větru, zemská šířka/zemská délka
 - Traťová rychlost *
 - Výška podle radiovýškoměru *
- Následující parametry musí splnit požadavky pro letovou polohu:
 - Podélný sklon
 - Příčný náklon
 - Úhel azimutu nebo úhel skluzu *
 - Úhel náběhu *
- Následující parametry musí splnit požadavky pro výkon motoru:

- Tah motoru/výkon: Hnací tah/výkon na každém motoru, poloha páky ovládání tahu/výkonu v pilotním prostoru
- Stav obraceče tahu *
- Povel pro změnu tahu motoru *
- Požadovaný tah motoru *
- Poloha odběrového (přepouštěcího) ventilu motoru *
- Doplňující parametry motoru: EPR, N1, indikovaná hladina vibrací, N2, EGT, TLA, palivový průtokoměr, poloha ovladače uzavření paliva, N3 *
- Následující parametry musí splnit požadavky pro konfiguraci:
 - Polohy trimu kormidel podélného sklonu
 - Klapky*: Poloha klapek na odtokové hraně, poloha ovladače v pilotním prostoru
 - Sloty*: Poloha klapek na náběžné hraně(sloty), poloha ovladače v pilotním prostoru
 - Přistávací zařízení*: Poloha přistávacího zařízení, ovladače přistávacího zařízení
 - Poloha trimu směrového kormidla *
 - Poloha trimu příčného náklonu *
 - Vstupní poloha nastavení palubního ovladače trimu kormidel pro podélný sklon *
 - Vstupní poloha nastavení palubního ovladače trimu kormidel pro příčný náklon *
 - Vstupní poloha nastavení palubního ovladače trimu směrového kormidla *

- Spoiler a aerodynamická brzda * : Poloha spoileru, nastavení ovladače spoileru, poloha aerodynamické brzdy, nastavení ovladače aerodynamické brzdy
- Nastavení systému odmrazování a/nebo systému proti námraze *
- Hydraulický tlak (každý systém) *
- Množství paliva ve vyvažovací nádrži v těžišti *
- Funkční stav AC sběrnice elektrické energie *
- Funkční stav DC sběrnice elektrické energie *
- Poloha přepouštěcího ventilu APU *
- Vypočtená poloha těžiště *
- Následující parametry musí splnit požadavky pro provozní úkony:
 - Výstrahy
 - Primární polohy kormidel a primární zásahy pilota do řízení pro: klopení, klonění, zatačení
 - Přelety polohových návěstidel
 - Nastavení kmitočtu každého navigačního přijímače
 - Ruční klíčování rádiového vysílání a synchronizačního vztahu CVR/FDR
 - Autopilot/Automatický tah/AFCS režim a funkční stav zapnutí *
 - Nastavení na tlakovém výškoměru: první a druhý pilot *
 - Nastavená nadmořská výška (všechny pilotem volitelné režimy provozu) *
 - Nastavená rychlost (všechny pilotem volitelné režimy provozu) *
 - Nastavení Machova čísla (všechny pilotem volitelné režimy provozu) *

- Nastavená vertikální rychlost (všechny pilotem volitelné režimy provozu) *
- Nastavený kurz (všechny pilotem volitelné režimy provozu) *
- Nastavená dráha letu (všechny pilotem volitelné režimy provozu); Kurz/DSTRK, úhel dráhy letu *
- Nastavená výška rozhodnutí *
- Režim zobrazení na EFIS (elektronický systém letových přístrojů): První a druhý pilot *
- Režim zobrazení na multifunkčním/ motorovém/ signalizačním displeji *
- GPWS/TAWS/GCAS funkční stav: Nastavení režimu zobrazení terénu, včetně funkčního pokrytí stavu, výstražného hlášení terénu, obojího varování výstrah a návěstí, poloh zapnuto/vypnuto *
- Výstražná soustava nízkého tlaku: Hydraulického tlaku, pneumatického tlaku *
- Porucha počítače *
- Ztráta přetlaku v kabině *

Z pohledu záznamu hlasů a zvuků letové z kokpitu letounu je požadavek na dobu záznamu stejný jako u letového zapisovače dat FDR. Navíc však musí, v závislosti na dostupnosti elektrické energie, začít CVR a CARS zaznamenávat jakmile je to možné během kontrol v pilotním prostoru před tím, než jsou na začátku letu spuštěny motory, až do chvíle, kdy probíhají kontroly v pilotním prostoru, následované bezprostředně po vypnutí motorů na konci letu.

Záznam musí být na všech nahrávaných kanálech časově synchronizovaný. Požadavky na CVR v případě záznamu zvuku jsou následující:

- hlasovou komunikaci vysílanou nebo přijímanou z/v letounu pomocí radiostanice

- zvukové prostředí v pilotním prostoru
- hlasovou komunikaci členů letové posádky v pilotním prostoru prostřednictvím systému palubního telefonu letounu, je-li zastavěn
- hlasové nebo akustické signály označující prostředky pro navigaci nebo přiblížení, vedené do náhlavní soupravy nebo reproduktoru
- digitální komunikaci s letovou provozní službou (ATS), pokud není zaznamenávána FDR

4. Požadavky leteckých předpisů na vybavení příslušné kategorie leteckých simulátorů (BITD)

V úvodu byla již zmíněna absence systému záznamu letu u leteckých simulátorů kategorie BITD. Normou pro certifikaci základních přístrojových výcvikových zařízení (BITD) je v České Republice národní předpis JAR-STD4A, jehož požadavky musí být splněny pro účel certifikace. Certifikát opravňuje provozovatele zařadit simulátor typu BITD do výcvikových osnov. Předpis JAR-STD4 obsahuje nejen technické požadavky na simulátor, ale i požadavky na bezpečné používání, vhodnou instalaci, systém udržitelnosti výkonnosti atd. V rámci této práce budou zmíněny pouze technické požadavky pro seznámení s daným typem leteckého simulátoru, ostatní požadavky předpisu JAR-STD4 jsou pro účel této práce zbytečné.

Prvním význačným požadavkem je v možném případě aktualizovat hardwarové a softwarové vybavené simulátoru pro zajištění požadované úrovně výcviku. U simulátorů BITD na PC platformě je možné zvyšovat úroveň výcviku aktualizací simulovaného prostředí. Toho můžeme dosáhnout vylepšením prostředí simulovaného počasí a krajiny. Zvýšené nároky na projekci okolního prostředí však požadují i vyšší nároky na grafické akcelerátory. Do prostředí simulátoru FSX a FS9 je možné nahrát řadu placených i neplacených programových modulů pro simulování věrnější podoby mraků, dynamickou změnu počasí, převodu satelitních snímků na reliéf krajiny a mnoho dalších vylepšení simulace okolního prostředí. Díky masovému rozšíření této počítačové simulace se její trh rozvíjí daleko rychleji než pro certifikované simulátory. Se současným tempem vývoje výpočetní techniky lze požadavek stálého vývoje prostředí simulace u simulátorů na bázi PC bezesporu splnit.

Ověřovací zkouška dle směrnice AMC STD 4A.030 pak prověří subjektivní, funkční vlastnosti simulátoru a zda simulátor vyhovuje požadavkům ÚCL. Během provozu systému je nutné zajistit stálou integritu mezi softwarem a hardwarem simulátoru, pro tento účel je vhodné vytvořit systém kontroly konfigurace. Případně jej doplnit systémem vhodného zálohování. Minimální technické požadavky jsou dle JAA definovány následovně:

- Dostatečně uzavřené stanoviště pilota-žáka proti rozptylování pozornosti předvádějící třídu letounu.
- Vypínače a všechny ovládací prvky musí mít stejnou velikost a tvar a musí pracovat a předvádět to samé jako v simulované třídě letounu.

- Přístroje, vybavení, panely, systémy, primární a sekundární soustavy řízení dostatečné pro nacvičované úlohy musí být umístěny podobně jako v simulované třídě letounu.
- Osvětlení prostředí panelů a přístrojů dostatečné pro prováděné operace.
- Kromě stanoviště sedadla pilota musí být zajištěno vhodné uspořádání pro výhled instruktora umožňující přiměřený výhled na panely pilota.
- Výkonnosti musí být reprezentativní pro simulovanou třídu letounu.
- Účinky aerodynamických změn pro různé kombinace odporu, tahu a nastavení řízení vyskytujících se během letu, včetně účinku změny letové polohy a bočního skluzu musí být reprezentativní pro simulovanou třídu letounu.
- Navigační vybavení pro lety IFR s reprezentativními tolerancemi. Toto vybavení musí obsahovat komunikační vybavení.
- Síly a výchylky v řízení musí všestranně odpovídat témuž v simulované třídě letounu.
- Kompletní navigační databáze nejméně 3 letišť s odpovídajícími postupy pro přesné a přístrojové přiblížení včetně pravidelných aktualizací. Všechny navigační pomůcky musí být použitelné, jsou-li v dosahu, bez omezení a zásahu instruktora.
- Zvuky motoru musí být k dispozici.
- Řízení a účinky atmosférických podmínek, včetně alespoň:
 - směru a rychlosti větru
 - atmosférického tlaku
- Mapy letů a létaných profilů přiblížení musí být k dispozici.
- Prostředek ke zmrazení polohy, ke zmrazení letu a změně polohy (zeměpisná poloha, kurs, rychlost a nadmořská výška).

- Ovládací prvky instruktora na zapnutí a vypnutí poruchy týkající se:
 - letových přístrojů
 - navigačních pomůcek
 - řízení letu
 - vypnutí motoru (pouze pro vícemotorové letouny)
- Zařízení včasného rozpoznání pádu odpovídající simulované třídě letounů.
- Směrnice pro osvědčovací zkoušku (QTG), která musí být předložena ve formě a způsobem přijatelným pro Úřad a která musí být v souladu s AMC STD 4A.030 (odst. 1.6).

Při konfrontaci těchto minimálních požadavků s prostředím FS9 a softwarovými moduly převyšuje nároky simulace prostředí. Například počet letišť je v FS9 řádově v desítkách tisíců, které je možné aktualizovat. Flexibilitnost je jednou z velkých předností FS9 a FSX. Reakce systému na zásah do řízení podléhá vhodné volbě jednotlivých součástí a je nutno při návrhu zohlednit. Předpis vyžaduje maximální odezvu 300ms od zásahu do řízení (vztaženo k umělému horizontu) a toto kritérium musí být doloženo osvědčením výrobce QTG. Standardy pro BITD definují základní podobu simulovaného letového modelu. V prostředí simulátoru na PC bázi je možné postupovat dvěma směry. Prvním je aplikace již stávajících modelů skutečných letadel a tím i věrně charakterizovat třídu. Řada komerčních softwarových modelů letounů reprezentuje většinu funkcí avioniky skutečného simulovaného letounu a následující standard je dodržen. Druhý směr je vytvořit vlastní model letounu, který charakterizuje zvolenou třídu. Zde je pak vhodné využít již zavedené filozofie zobrazení přístrojů, tak abychom vyhověli předpisu. V předpise je požadováno, aby základní letové přístroje byly rozestavěny a uspořádány v obvyklém tvaru písmena „T”.

Následující přístroje musí být umístěny tak, aby byly reprezentativní pro simulovanou třídu letounu:

- Ukazatel letové polohy (umělý horizont) s dělením alespoň po 5° a 10° podélného sklonu a po 10°, 20°, 30° a 60° úhlu příčného náklonu. Tento požadavek zahrnuje také panel přístrojů s obrazovkami. Přístroje musí

být zobrazeny velmi blízko skutečné velikosti, stejně jako v simulované třídě letounu.

- Nastavitelný (é) výškoměr (y) s dělením po 20-ti stopách.
- Rychloměr s dělením alespoň po 5-ti uzlech v reprezentativním rozsahu rychlostí a barevném rozlišení.
- HSI nebo směrový setrvačnick se značením po dílcích, alespoň po 5° zobrazených na 360° kružnici. Hodnoty kurzu musí být upořádaný radiálně. Pozn.: Ovládací prvky k nastavení přístrojů, např. QNH, směr nebo značka zadaného kurzu musí být umístěny prostorově správně na příslušném přístroji.
- Variometr s dělením po 100 stop za minutu až do 1 000 stop za minutu a pak po 500 stop za minutu v rámci reprezentativního rozsahu.
- Zatačkoměr a příčný sklonoměr se značením po dílcích pro rychlost do 3° za sekundu pro levou a pravou zatačku. Značka pro rychlost 3° za sekundu musí být uvnitř rozsahu maximální výchylky ukazatele.
- Ukazatel skluzu reprezentativní pro simulovanou třídu letounu, kde koordinované letové podmínky jsou znázorněny kuličkou v centrální poloze. Pozn.: Trojúhelníkový ukazatel skluzu je přijatelný, lze-li uplatnit pro simulovanou třídu letounu.
- Magnetický kompas se značením po dílcích po 10°.
- Motorové přístroje použitelné pro simulovanou třídu letounů s dělením pro běžné rozsahy s minimálními a maximálními omezeními.
- Tlakoměr sání nebo přístrojový tlakoměr, jsou-li použitelné, s displejem, je-li použitelný pro simulovanou třídu letounu.
- Ukazatel polohy klapek ukazující současné nastavení klapek. Tento ukazatel musí být reprezentativní pro simulovanou třídu letounu.

- Ukazatel podélného vyvážení s displejem ukazujícím nulové aerodynamické vyvážení a odpovídající indexy záporného a kladného vyvážení letounu.
- Stopky nebo digitální časový spínač, který umožňuje výstup v sekundách a minutách.

V případě komunikačního a navigačního panelu, musí být tento panel umístěn tak, aby bylo vidět na aktivní frekvenci. Navigační vybavení (NAV) musí obsahovat ukazatele ADF, VOR, DME a ILS s následujícím dělením:

- polovina tečky nebo méně pro údaje směru a sestupové roviny na displejích VOR a ILS
- odchylka zaměření 5° nebo méně pro ADF a RMI, je-li použitelné. Všechna navigační rádia (NAV) musí být vybavena akustickým identifikačním signálem. Přijímač radionávěstidla musí být instalován také s optickým a akustickým signálem. Pozn.: Ovládací prvky k výběru frekvencí a jiných funkcí mohou být umístěny na centrálním panelu COM/NAV nebo na odděleném ergonomicky umístěném panelu

U nároků na zobrazení displejů je požadovaný souvislý chod těchto zobrazovacích jednotek, displeje musí být také viditelné po celou dobu letu. Rychlost aktualizace všech displejů musí poskytovat takový obraz přístrojů, že:

- nedává zkreslený obraz
- nerozptyluje během provozu skokově nebo stupňovitě se měnícím obrazem
- nezobrazuje zubaté čáry nebo hrany.

Při velkém zatížení počítače letového simulátoru, který generuje simulované prostředí, dochází ke zpoždění a díky tomu se stává simulace letu nepřirozenou. U letových simulátorů založených na prostředí FS9 a FSX lze kontinuitu projekce sledovat pomocí ukazatele počtů snímků za sekundu. Systém by měl být schopen generovat souvislý obraz s dvaceti a více snímky za sekundu. V opačném případě je nutno minimalizovat nároky na vykreslování

simulovaného prostředí nastavením softwaru. Tím dojde k zhoršení kvality simulace. Všechny displeje přístrojů musí být viditelné během celého letového provozu. Systém přístrojů musí být navržen tak, aby zajistil, že skoky a stupňování nerozptyluje pozornost a zobrazuje všechny změny replikovaných přístrojů, které jsou rovny nebo větší než hodnoty stanovené níže:

- letová poloha $1/2^\circ$ podélného sklonu a 1° příčného náklonu
- zatačka a náklon $1/4$ standardní rychlosti zatočení
- IAS 1 kts
- VSI 20 fpm
- nadmořská výška 3 ft
- kurz na HSI $1/2^\circ$
- směr a kurz na OBS a/nebo RMI 1°
- ILS $1/4^\circ$
- RPM 25
- MP $1/2$ palce

Pro provozovatele certifikovaného simulátoru BITD plyne dále povinnost při uvažované významné změně hardwaru, softwaru, přemístění simulátoru a jakémukoliv vyřazení, tedy i krátkodobému, informovat ÚCL. Úřad pak dále rozhodne, zda je nutné podrobit systém dodatečnému ověření. Úřad může v krajním případě ukončit certifikát BITD speciálním hodnocením, které je prováděné po významných změnách, nebo když se zdá, že BITD nedodržuje své počáteční Osvědčení.

5. Specifikace vlastností programu vyhodnocení letu na simulátoru typu BITD

Seznámení s programovým vybavením pro implementaci FDM

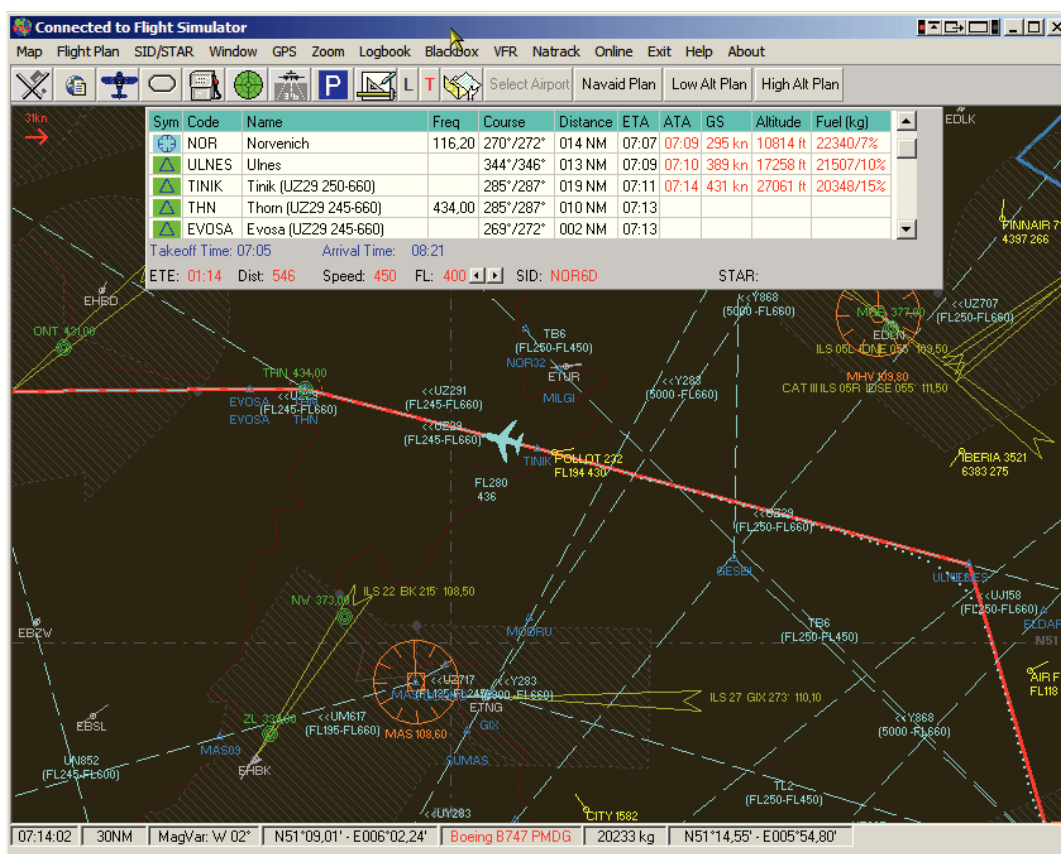
Díky neustálému zlepšování letecké PC simulace, tedy vývoji nových softwarových platform a rozšiřování těch stávajících, je v dnešním bodě možné implementovat systém záznamu letu i do počítačového prostředí a využít značné výhody systému vyhodnocení letu v rámci zlepšení kvality výuky leteckém simulátoru tohoto typu. Z převážné části v současné jsou době letecké PC simulátory na platformě Microsoft Flight Simulator (dále MFS, převážně verze 2004, FSX). Na této bázi také pracuje letecký PC simulátor ULD/PC-SIM01 (typ BITD), kterým disponuje Vysoká škola Báňská v Ostravě a z tohoto důvodu je práce zaměřena na tuto koncepci. Programové vybavení pro záznam letových dat je vývojově mladé a zdaleka nedosahuje kvalit systémů, jakým je například software pro FDM v civilním letectví AirFaSe.

Výhodou je však velmi nízká cena zavedení systému do prostředí MFS, jelikož základní pořizovací cena systému AirFaSe se pohybuje okolo 3 240 000 Kč a cena postačujícího systému pro MFS okolo 1900 Kč. Z hlediska nároků softwaru pro realizaci programu vyhodnocení letových dat postačuje běžné kancelářské PC s minimálním výkonem, který se rovná přibližně počítačové sestavě osazené procesorem Pentium o výkonu 2Ghz s operační pamětí 512MB a operačním systémem minimálně Windows XP. Další specifikace navrženého systému FDM jsou uvedené v kapitole 6.

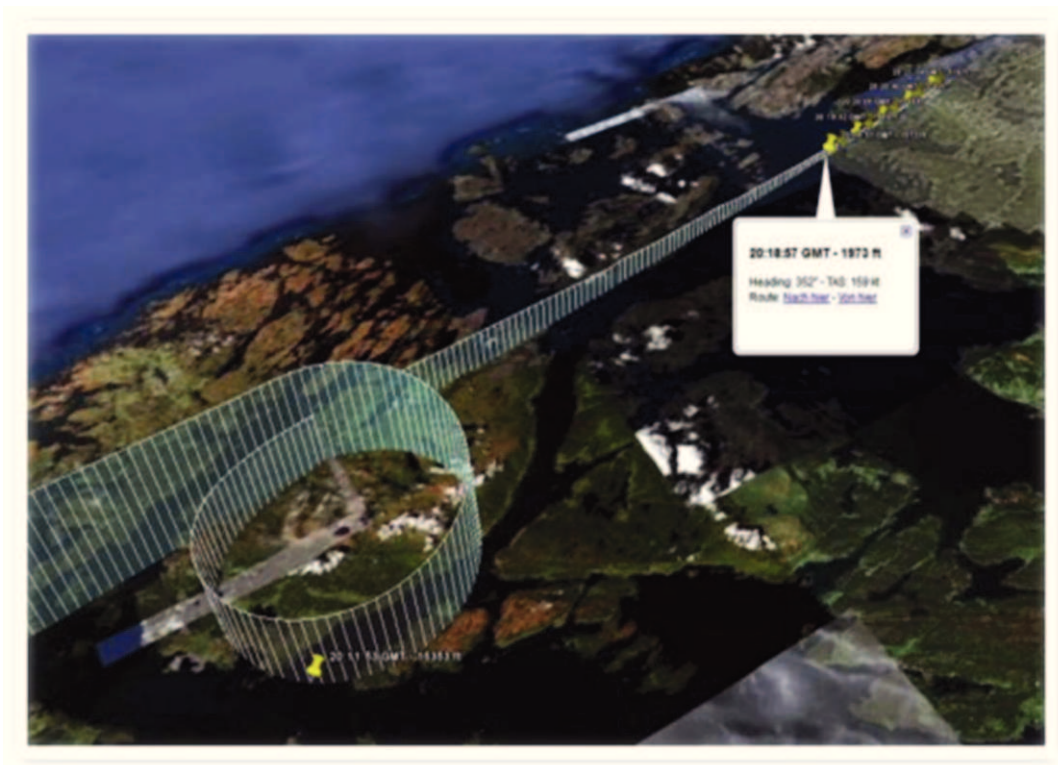
Simulátor BITD na VŠB-TUO není momentálně vybaven systémem komunikace mezi posádkou, řízením letového provozu. Z těchto důvodů pro záznam zvuku z kokpitu postačí jeden zvukový kanál. V případě dovybavení simulátoru komunikačním systémem je možné vyřešit záznam více kanálů pomocí rozšíření PC o požadovaný počet zvukových karet (viz. Kapitola 6). V případě absence volných slotů na základní desce je možné využít USB zvukové karty, v tomto případě však mohou vzniknout problémy s kompatibilitou operačního systému. Jednodušší variantou je sloučit signály z jednotlivých audio kanálů pomocí levného mixážního pultu.

Stěžejní část systému záznamu dat a jejích vyhodnocení je však již zmíněny software pro záznam dat z prostředí FSX/FS9. K dispozici v současné době se jako nejvíce využitelná a nejvýhodnější jeví kombinace dvou komerčních programů. Jiné programy, které by bylo

Jedná se o program FS Flight Keeper (FSFK), Flight Sim Commander 9 (FSC9). Tyto programy bylo jako jediné možno zařadit do navrhovaného systému FDM. Operátor v prvním kroku vychází ze záznamu letu pomocí programů FSFK a FSC9. FSC9 poskytuje informace o poloze letadla na trati a může sloužit jako pomůcka pro navádění posádky simulátoru složkou ATC (obr. 5.1). Pro FDM lze z programu FSC9 ještě využít funkci - záznam letu (obr.5.2). Je zde zaznamenána nadmořská výška a letěná trajektorie vůči radionavigačním bodům, RNAV bodům, traťovému systému.



Obr. 5.1 – Zobrazení leteckého provozu pomocí programu FSC9



Obr. 5.2 – Příklad záznamu letu pomocí programu FSC9

Jak je patrné z obrázků 5.1 a 5.2 je tento program přínosný zejména při zhodnocení letu zejména při letu za podmínek IMC, resp. při letu podle přístrojů. FS let Keeper (FSFK) spojuje sedm programů v jednom: zápisník letu, záznam letových dat, informace o počasí po trati, systém ACARS, systém Ground Proximity Warning System (GPWS). V zápisníku najdeme informace o posádce, časech, spotřebovaném palivu, typu letounu, atd. Záznam letových dat poskytuje přehled vzniklých událostí, které jsou zmíněny dále. FSFK také umožňuje export dat a zobrazení zalétnuté trati na mapě. Systém podporuje všechny typy letadel a záznam mnoha jejich nastavení. Z každého letu je možné vygenerovat zprávu o vzniklých událostech a průběhu letu. Systém ACARS může na palubě letounu posádce poskytnout také zobrazení podrobnosti o letištích (pojezdové dráhy, vzletové a přistávací dráhy, stojánky, atd.), informace o navigačních zařízeních (VOR, NDB, polohová návěstidla), letových cestách, různých prostorech a podrobnou mapu okolního terénu. Systém záznamu letu poskytuje informace o letěné trati také na mapě s vyznačeným okolním terénem a rozestupem od překážek, mapa zahrnuje vertikální profil sestupu po sestupové rovině ILS. Výhodou programu je také databáze přechodových výšek. Jistě výhodnou funkcí je možnost exportovat let do prostředí programu Google Earth. Díky podpoře sítí pro virtuální simulaci

letu IVAO a VATSIM je možné v reálném čase obnovovat informace o daných FIR oblastech, jako jsou například aktivní omezené prostory.

Program FSFK je více užitečný pro FDM a jeho funkce, které nás zajímají, to je (tab 5.1):

Čas vytlačení (Pushback Time)	Podmínky povrchu dráhy	Nastavení atmosférického tlaku vs. nastavení výškoměrů
Časy: OUT / OFF / ON / IN / pro dobu letu / Blokový čas / dobou letu den a noc	Kurzy letadla	Nastavení světel
Hmotnosti: ZFW / TAW / TOW / LAW / RAW	Rychlosti (i vertikální) během vzletu a přistání	Nastavení systému Yaw Damper
IAS, přetížení, nastavení vyvážení při vzletu a přistání	Varování před pádem	Teplota motoru (EGT)
Informace o konkrétním letounu (typ, atd.)	Změny nadmořská výška	Odmrazování vrtule
Vzdálenost	Meteorologické podmínky (teplota, viditelnost, směr větru / rychlost větru, turbulence, nárazy větru, atd.)	Poloha Auto-Feather spínače
Letiště vzletu, přistání, náhradní letiště (v ICAO kódu, stání, Runway, SID / STAR, počasí, časové zóny, atd.)	Záznam trasy poježdění	Synchronizace vrtulí
Letmé přistání a vzlet, postup nezdařeného přiblížení	Překročení povolených rychlostí	Náklon
Maximální IAS pod FL100 při odletu a přiblížení	Polohy vůči GS při přiblížení ILS	Vibrace motoru
Maximální rychlost poježdění	Polohová návěstidla (vnitřní, střední, vnější)	Nastavení motoru
Nastavení automatického ovládání brzd	Nastavení žaluzií	Stav palivových čerpadel
Nastavení automatu tahu	Nastavení reverzního tahu	Systém proti vzniku námrazy na pohonných jednotkách
Nastavení FD	Nastavení odpovídače	Hydraulický tlak

Nastavení pozice vztlakových klapek	Nastavení rádiových frekvencí (COM, NAV a ADF)	Teploty hlav válců (CHT)
Palivo: OUT / OFF / ON / IN / pro palivo za letu / Blok palivo	Zprávy o poloze (každých 15 minut, lze změnit)	Poloha Master Baterie / Avionics spínače
Parkovací brzda	TCAS hlášení (FS2002/2004/X AI nebo multiplayer Traffic)	Poloha přepínače palivových nádrží
Pozice podvozku	Režim pauzy	Plnicí tlak
Přerušovaný vzlet	Závady (motor, elektrický, atd.)	Úhel stoupání, klesání
Režimy autopilotu	Polohy vůči LOC při přiblížení ILS	Tlaky a teploty oleje
Rychlost klesání	Rychlost pod FL100 pro odlet a přiblížení	
Rychlost stoupání	Pravá vzdušná rychlost (TAS)	Přetížení
Spoilery	Rychlost simulace	APU
Výkon motorů	Průměrné, minimální a maximální hodnoty pro	Vyhřívání Pitot-statické trubice

Tabulka 5.1 – Program FSFK a jeho funkce

5.1 Porovnání detekce překročení parametrů u skutečného letu a simulace letu s navrhovanou implementací FDM

Srovnání programů vyhodnocení letu v civilním letectví s programem FSFK lze objektivně dosáhnout porovnáním parametrů, které jsou automaticky u každého systému FDM vyhodnoceny. Grafická vizualizace zaznamenaných událostí, která se výrazně liší u komerčního systému oproti FSFK, pouze dotváří objektivní představu o průběhu vyhodnoceného letu. Detekce událostí a jejich přesná interpretace je stěžejním prvkem při vyhodnocení letu operátorem. V programu FSFK lze vyhodnocené události rozdělit do dvou skupin. V první skupině jsou pevně stanovené hodnoty pro detekce těchto parametrů (obsažené v Events Tab, obr. 5.3), ve druhé skupině lze pomocí skriptu FlightCriteque.cfg definovat parametry a typy detekovaných událostí (vygenerovaná tabulka vyhodnocení letu, Datový výstup 5.1).

- překročení nastavené rychlosti klesání během dotyku přistávací dráhy
- odskoky od přistávací dráhy během přistání
- rozdíl $\geq 4^\circ$ od stanovené tratě po dokončení zatáčky
- překročení úhlu stoupání $\geq 25^\circ$
- překročení úhlu náklonu $\Rightarrow 35^\circ$
- překročení nastavení otáček N1 $\geq 105\%$
- překročení přetížení mimo mez od 0,5 do 2,5 násobku G
- detekce malého množství paliva
- TCAS události
- GPWS události

Níže uvedená tabulka 5.2 obsahuje srovnání typických detekcí parametrů a schopností FSFK. Jedná se o tradiční přístup vyhodnocení letu, který prodělal minimum změn za posledních 20 let. Stále je však výborným základem a prvním krokem komplexní analýzy letových dat. Navrhovaná implementace vyhodnocení letu s programem FSFK vyhovuje tomuto tradičnímu přístupu z 83%. Tradiční přístup FDM vzešel během svého vývoje z nejčastějších příčin leteckých nehod a incidentů, které mohly vést k leteckým nehodám. Je tedy jej vhodné zahrnout i do vyhodnocení letu na leteckých simulátorech. Například v případě, kdy budeme simulovat do určité míry již vyšetřené letecké nehody a tím se pokusíme poskytnout studentům názorný a realistický pohled na řetězec chybných událostí a jejich spojitost, je záznam letových dat dle klasického přístupu výbornou pomůckou pro kvalitativní srovnání rekonstrukce nehody.

Tradiční přístup k FDM dle CAP739		Srovnání funkcí u navrhované implementace (X = FSFK obsahuje funkci)	
Skupina událostí	Popis	FSFK (v Events tab)	Možnost vyhodnocení operátorem FSFK
Rychlostní limity	překročení Vmo	X	X
	překročení Mmo	X	X

	Překročení povolené rychlosti při vysunutých vztlakových klapkách	X	X
	Překročení povolené rychlosti při vysunutém podvozku	X	X
Výškové limity	Překročení povolené výšky pro operaci s vzt. klapkami/sloty		X
	Překročení maximální provozní výšky		X
Vysoké rychlosti přiblížení	Vysoká rychlost přiblížení v časovém rozmezí 90s od bodu dotyku	X	
	Vysoká rychlost přiblížení pod 500ft nadmořské výšky	X	
	Vysoká rychlost přiblížení pod 50ft výšky nad terénem	X	
Nízká rychlost přiblížení	Nízká rychlost přiblížení během 2 minut před dotykem	X	
Vysoké rychlosti stoupání po vzletu	pod 400ft nadmořské výšky	X	
	mezi 400ft a 1500ft nadmořské výšky	X	
Nízká rychlost stoupání po vzletu	mezi 35ft výšky a 400ft nadmořské výšky	X	
	mezi 400ft a 1500ft nadmořské výšky	X	
Úhel stoupání při vzletu	úhlová rychlost klopení při vzletu		X
Rychlost při odpoutání	vysoká	X	
	nízká	X	
Úhel stoupání	během vzletu		X
	abnormální úhel (vysoký)	X	
	abnormální úhel (nízký)	X	
Úhel příčného náklonu	překročení pod 100ft výšky	X	
	překročení mezi 100ft výšky a 500ft nadmořské výšky	X	
	překročení nad 500ft výšky	X	
	překročení pod 20ft nad výšky	X	
Pomalé stoupání	překročení času od vzletu do 1000ft nadmořské výšky	X	

Vysoká rychlost klesání	pod 2000ft výšky	X	
Běžné zrychlení	Vysoké zrychlení na zemi		
	vysoké zrychlení v závislosti na konfiguraci vztlakových klappek		
	vysoké zrychlení během přistání		
	normální zrychlení, tvrdé přistání		
Nízký postup nezdařeného přiblížení	pod 1000ft nadmořské výšky	X	
Vysoký postup nezdařeného přiblížení	nad 1000ft nadmořské výšky	X	
Přerušené přistání	při vysoké rychlosti		X
Konfigurace	abnormální konfigurace, rušiče vztlaku spolu s vztlakovými klapkami		X
GPWS	od systému GPWS - vážné varování		X
	od systému GPWS - málo významné varování		X
	od systému GPWS - chybné varování		
	od systému GPWS - střih větru		X
Kritická mez pádu	omezená zásoba vztlaku (mimo případu blízkosti země)		
	omezená zásoba vztlaku během vzletu		
	stickshake		
	falešný stickshake		
Konfigurace	předčasné zasunutí vztlakových klappek po vzletu	X	
Konfigurace vztlakových klappek během přistání	pozdní nastavení konfigurace vztlakových klappek pro přistání (pozice pod 500ft nadmořské výšky)	X	

	redukované nastavení vztlakových klapek během přistání	X	
Pozice letounu vůči sestupové rovině ILS	odchylka pod sestupovou rovinou	X	
	odchylka nad sestupovou rovinou (pod 600ft výšky)	X	
Výkon během přiblížení	nízký výkon při přiblížení	X	

Tabulka 5.2 - srovnání typických detekcí parametrů a schopností FSFK

Detekované události v tabulce 6 determinují pouze určité situace a z těchto důvodů byl základní soubor rozšířen o další provozní parametry. Některé události z rozšířeného souboru (tabulka 5.3) jsou spouštěny na základě vyhodnocení jednoho nebo několika parametrů a z tohoto důvodu jejich implementace do softwaru není složitá. Jiné události zase vyžadují pečlivé zhodnocení okolností vzniklé situace. U tohoto druhu vyhodnocení je potřeba determinovat operátorem, zda jde skutečně událost zasahující do bezpečnosti letu nebo jde pouze o falešné hlášení.

Program FSFK není schopen automaticky detekovat komplexní události, operátor má ale dostatek indicií k vytvoření závěrů. V tabulce 5.3 jsou proto tyto možnosti detekce zohledněny a následně rozděleny do dvou skupin. Až na informaci o zrychlení lze bez problémů vyhodnotit všechny definované události. Operátor vyhodnocující let u leteckého provozovatele je u generovaných hlášení komplexnějších událostí povinen podle svých zkušeností a úsudku často sám rozhodnout, zda jde o relevantní porušení bezpečnosti letu či nikoliv. Z tohoto důvodu není práce operátora komerčního systému a operátory vyhodnocení letu pomocí programu FSFK výrazně odlišná. Zásady postupu při vyhodnocení budou popsány v následující kapitole.

Popis	FSFK (X = implementace zahrnuta)	
	Vyhodnocení operátorem	Automatické vyhodnocení
Překročení povoleného nastavení motorových parametrů	X	
Kontrola volnosti řízení		
Čas pojíždění - více než (x) minut	X	
Vysoká akcelerace během pojíždění		
Silné brzdění	X	
Překročení povolené rychlosti pro pojíždění	X	
Varování špatné konfigurace při vzletu	X	
Zasouvání podvozku déle než (x) minut	X	
Zasouvání vztlakových klapek/slotů déle než (x) minut	X	
Master Warning		X
Závada pohonné jednotky		X
Vertical Speed mód autopilota zvolen pod (x) ft	X	
Zbývající palivo během přistání pod požadovaná minima	X	
Vyčkávání déle než (x) minut	X	
Silné pohyby řízení (obzvláště směrového kormidla)	X	
varování systému TCAS		X
Nepoužití zpětného tahu během přistání		X
Čas od přistání k vypnutí poh. jednotky více než (x) minut	X	
Odchylka od směrového vedení ILS	X	X
Výšková odchylka (nedodržení výšky atd.)	X	

Tabulka 5.3 – Rozšířený provozní soubor detekovaných událostí

Tabulka 5.4, která je znázorněna níže, obsahuje seznam dodatečných informací o provozních parametrech. Tyto parametry lze získat z každého letu a vycházejí opět z definice předpisu CAP 739. Data jsou extrahována ze souboru zaznamenaných dat a uložena do databáze FDM.

Tento koncept obsahuje dostatečně širokou oblast bodu záznamu, takže je možné z analýza získaných dat provést měření, srovnání parametrů a následně měření úrovně bezpečnosti letu. Tento přístup FDM poskytuje velmi účelné data k zjištění, které informace jsou normální oproti metodám určujícím abnormální události.

Oblast provozních parametrů	Popis typu informace	Možnost vyhodnocení parametru pomocí FSFK
Všeobecné	času příletu a odletu, letišti, pojezdové dráze	X
	teplotě, atmosferickém tlaku, váze, vzletové a přistávací konfiguraci	X
	odhadovaná rychlost větru - složky bočního a čelního větru	X
	směrování letu - hlásné body a letové cesty	X
	cestovní hladiny	X
	uplynulá doba letu - pojíždění, vyčkávání, stoupání, v cestovní hladině, sestupu, přiblížení	X
Pohonná jednotka	Teploty výstupních plynů během startu	
	Maximální vzletový výkon během vzletu	X
	Měření výkonu během letu v hladině	
	Využití zpětného tahu, časy, maximální/minimální rychlosti, nastavení tahu	X
Konstrukce letounu	Konfigurace vzt. klapek/slotů vs. čas použití	X
	Konfigurace vzt. klapek/slotů vs. maximální běžná akcelerace	
	Konfigurace vzt. klapek/slotů vs. maxima/minima akcelerace	
	Vztlakové klapky/ sloty - asymetrické vysunutí	
	Vysunutí rušičů vztlaku - čas, maximální a minimální rychlosti	X

	Časový průběh vysouvání/zasouvání podvozku	X
	Všechny váhy letounu během celého průběhu letu	
	Hodnocení letu - úhly stoupání a příčného náklonu (plus další parametry)	pouze maximální hodnoty
	Akcelerace v bodě dotyku	
	Přetížení - během letu	pouze maximální hodnoty
	Přetížení - na zemi	pouze maximální hodnoty
Letový provoz	Váhy při vzletu a přistání	X
	Nastavení tahu při vzletu	X
	Rychlost rotace	X
	Rychlost a nadmořská výška odpoutání	X
	Rychlost při stoupání	X
	Výškový profil stoupání	X
	Redukce tahu pro dodržení hlukových limitů - výška, čas atd.	X
	Při letu s vysunutými vztlakovými klapkami - nastavení, max/min	X
	Při letu s vysunutým podvozkem - nastavení, max/min	X
	čas do přistání od zahájení klesání	X
	čas vyčkávání	X
	Volby nastavení autopilota vs nadmořská výška	X
	Nastavení vztlakových klapek během přiblížení	X
	Informace o bodu zachycení sestupové roviny ILS	X
	Informace o bodu zachycení směrové vedení ILS	X
	Maximální výchylky řízení - za letu	
	Maximální výchylky řízení - na zemi	
	Maximální výchylky řízení - během vzletu a přistání	
	Během přistání - rychlosti, polohy letounu, rychlosti klesání	X
	Indikace turbulentního prostředí	X
Využití paliva	Palivo pro vzlet a přistání	X

	Spotřebované palivo během pojíždění - na letišti odletu	X
	Spotřebované palivo během pojíždění - na letišti příletu	X
	Celkové spotřebované palivo	X
	Rezerva paliva	X
	Spotřebované palivo dle dotazu operátora	X
	Měření spotřebovaného paliva při letu v hladině	X

Tabulka 5.4 – Proměnné analýzy provozních parametrů

5.2 Principy postupu operátora při vyhodnocení letu

Tato kapitola poskytuje návod jak postupovat při vyhodnocení letu z pozice operátora a lze ji považovat za základ programu FDM i v případě, že v budoucnu bude možné akceptovat vyhodnocení letu na simulátorech zahrnutím těchto praktik do předpisu řady JAR-STD. V civilním letectví by letecký operátor, který provozuje letoun či letouny se vzletovou hmotností přesahující 27 000 kg, měl mít zaveden program FDM a dále jej udržovat z důvodu sledování trendu bezpečnosti letu. U provozovatelů, kteří provozují letoun či letouny se vzletovou hmotností nad 20 000 kg je zavedení programu FDM doporučeno. Základním pravidlem a zásadou pro operátora FDM je mít vždy na paměti, že vyhodnocení letu je aktivní a netrestající nástroj pro progresivní zlepšování letové bezpečnosti. Operátor v prvním kroku vyhodnotí stav události vůči stanoveným bezpečnostním cílům a formální politice rizikového managementu. Manažer prevence leteckých nehod a programu letové bezpečnosti, který zahrnuje program FDM, je zodpovědný za nalezení bezpečnostního problému a převedení tohoto problému na relevantního manažera zodpovědného za danou oblast problému. Dále je bezpečnostní manažer zodpovědný za přijetí vhodné a praktické nápravy, to v co nejvhodnějším časovém období. Operátor může být delegován manažerem bezpečnosti letu k poskytování údajů další straně, například manažeru zodpovědnému za výcvik letových posádek, celková zodpovědnost však stále zůstává na bezpečnostním manažeru. Rozdělení pravomocí je nutné pro jasně vymezené hranice, kdo je za co zodpovědný a tudíž má zajistit nápravu. Ze strany stanovení cílů je úkol operátora identifikovat oblasti provozních rizik a kvantifikovat současné bezpečnostní hranice. K tomuto kroku slouží metody identifikace rizik, které jsou součástí SMS systému provozovatele. Provozní rizika se však mohou měnit při vzniku nestandardních, neobvyklých nebo nebezpečných okolností a úkolem operátora je v tomto případě znovu identifikovat a kvantifikovat provozní rizika. Je to proces rozhodnutí

v případě možné změny rizik. Využití informace z FDM programu je také podmíněno četností výskytu v kombinaci s úrovní závažnosti, kdy je důležité zhodnotit bezpečnostní rizika a určit, které z nich se může stát nepřijatelným při pokračování dalšího negativního vývoje situace. Vhodným krokem zajištění této podmínky je definování kriteria. Ta také stanoví, zda je situace akceptovatelná či nikoliv a zahrnuje zohlednění náročnosti. V případě výskytu nepřijatelného rizika je nutné přijmout opatření, které zmírňuje jeho dopady. Po přijetí adekvátního nápravného opatření je nutné pokračovat v monitorování dané události a zjistit jeho účinný dopad. V oblasti techniky analýzy získat dat z letu při detekci překročení parametrů nutné porovnat hodnoty s povolenými limity, které plynou z provozní příručky. Dále pak z porovnání standardních provozních postupů a dobré techniky pilotáže. Tuto hlavní oblast pokrývá základní soubor detekovaných událostí (ten je všeobecně standardem mezi leteckými provozovateli). Takový proces může snadno poukázat na chybný provozní postup provozovatele letounu. Program FSFK není ušitý na míru pro konkrétní typ letounu a z toho důvodu nejsou hodnoty překročených parametrů adekvátní pro každou skupinu letounů. Tento nedostatek je operátor nucen vykompenzovat podrobnějším zkoumáním záznamu letu s provozní příručkou, provozními postupy. U programu FSFK nelze v současné době programovat uživatelské detekované události, dochází ale k průběžné aktualizaci a rozšiřování funkci (program je relativně mladý a stal se průkopníkem ve své oblasti). Pro zajištění kontroly vývoje úrovně bezpečnosti je důležitým nástrojem pro operátora a potažmo manažera bezpečnosti letu udržovat aktualizovanou statistiku bezpečnosti letu, která čerpá data z databáze systému FDM. Mezi daty by měly být zahrnuty informace o počtech letů, typech letounů a oblastech vzniku událostí. Tento nástroj není ještě v současné době u programu FSFK k dispozici. Při malém počtu letů je možno vytvořit statistiku operátorem za využití tabulkového procesoru.

6. Technické řešení zavedení programu FDM od prostředí simulátoru ULD/PC Sim 01 (BITD)

Při výběru možného technického řešení byl kladen důraz na vytvoření uživatelsky co nejvíce vhodného prostředí, které zajistí operátorovi vyhodnocení letu maximální využití současné platformy spojení softwaru FSC9 a FSFK.

6.1. Seznámení se současným technickým řešením simulátoru ULD/PC Sim 01

Systém je vybaven jednou PC stanicí, soustavou monitorů (pro zobrazení letových přístrojů) a projektorem, který zajišťuje vizualizaci okolního prostředí. Modernizace hardwaru simulátoru ULD/PC Sim 01 nemá vliv na případnou implementaci technické návrhu FDM.



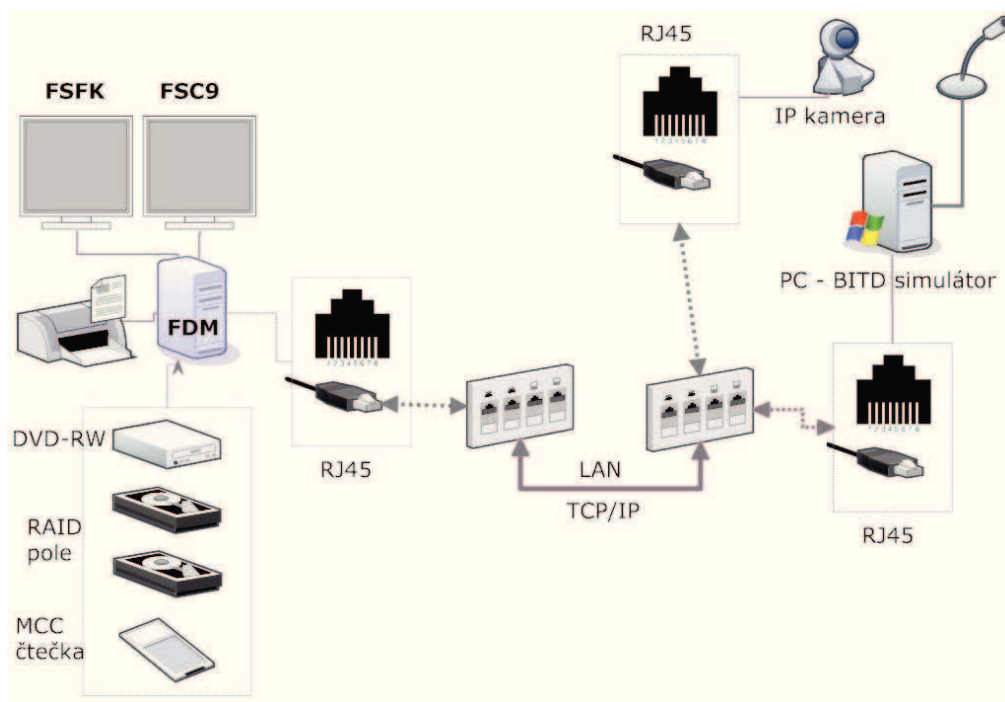
Obrázek 6.1- Současné technické řešení simulátoru ULD/PC Sim 01

Simulátor, jak je patrné z obrázku 6.1, je koncipován jako uzavřený pilotní prostor ve velikosti letové paluby Boeingu 737. Simulátor je schopen pojmout při uzavřeném prostoru maximálně 4 osoby, tj. pilot letící, pilot monitorující, instruktor, pozorovatel. K dispozici je v současné době pouze jeden palubní řídicí systém („Flight Controls“), soustava 4 monitorů, z nichž jsou dva (prostřední a dolní) dotykové a plní funkčního ovládacího prvku. Instruktor má k dispozici mobilní počítačovou stanici, na které lze nastavovat simulované závady a počasí. Ovládání směrového, výškového kormidla a křidélek zajišťují profesionální výrobky od společnosti Elite. Od této společnosti je také palubní deska zasazena dvojice modulu autopilota pro uživatelsky příjemnější ovládání. Simulátor slouží jako výukové zařízení pro potřeby ÚLD a není certifikován na žádnou kategorii letového simulátoru. Typem náleží do kategorie BITD.

6.2. Specifikace technické řešení zavedení navrhovaného FDM

Koncept řešení programu FDM je navržen jako oddělené pracoviště operátora tohoto systému, které je propojeno se simulátorem pomocí TCP/IP sítě. V tomto konkrétním případě se jedná o zapojení obou systémů do lokální sítě. Fyzické rozhraní sítě, spojující FDM systém a BITD simulátor, tvoří dvojice ethernetových karet (dnes již implementovány na základních deskách) navzájem spojené kříženým UTP kabelem. V případě, kdy je vyžadováno na tomto spojení připojení zařízení HUB či Switch, je vyžadována přímé zapojení UTP kabelu.

Samotný systém záznamu letových dat je tvořen jednou počítačovou stanicí, která pracuje pod operačním systémem Windows XP nebo vyšším. Je požadována grafická karta s dvojitým výstupem (s rozhraním DVI či HDMI) pro dvojici monitorů. Na prvním monitoru operátor sleduje dostupné informace z programu FSFK v reálném čase. Druhý monitor slouží operátorovi k sledování aktuální traťové situace pomocí programu FSC9. Samotný počítač FDM systému je vybaven DVD-RW mechanikou a čtečkou MCC karet pro zálohu databáze dat. Pro bezpečnější záznam dat je PC vybaveno RAID polem, které tvoří dvojice pevných disků. Data se zapisují tzv. „zrcadlově“, což znamená že pevné disky mají stejnou velikost diskových oddílů zápis dat je zdvojen. Tedy každý pevný disk obsahuje stejná data jako ostatní. Nutným vybavením systému je také tiskárna. Z periférií je třeba ještě zmínit umístění IP kamery v prostoru letové paluby a kapacitního mikrofону. Ten je nutné připojit na počítač BITD simulátoru a pomocí síťového programu na přenos hlasových dat (např. Skype) zajistit přenos dat do PC stanice vyhodnocení letu. Schéma technického řešení je zobrazeno na obrázku 6.2. Ze softwarového vybavení je nutné nainstalovat na FDM PC stanici simulátor FSX (nebo FS9), FSFK, FSC9 a pro zajištění síťového spojení na aplikační úrovni programy FSUIPC a WideView. Systém byl testován pouze v konfiguraci FDM bez IP kamery, mikrofónu a na kancelářské PC.



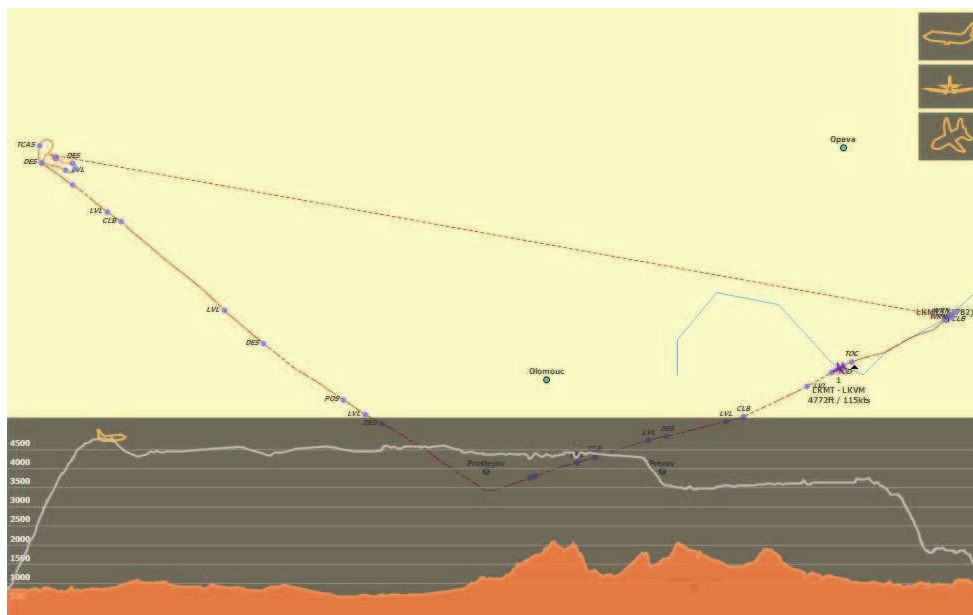
Obr. 6.2 – technické řešení zavedení FDM do prostředí ULD/PC Sim 01 (BITD)

Pro kontrolu funkčnosti nabízených vlastností programu FSFK byl vybrán jednoduchý let za vidu (VFR) z letiště Mošnov (LKMT) na letiště ve Vysokém Mýtě (LKVM). Let byl proveden s letounem typu Cessna 206G v prostředí Microsoft Flight Simulator FSX. Trať byla naplánována, jak je znázorněno v příloze A a cestovní rychlost byla zvolena 120 uzlů a cestovní hladina (v našem případě nadmořská výška) 4000ft. Pilot během simulovaného letu dle svého vlastního úsudku nezaznamenal žádné závažné pochybení. Let probíhal bez problémů, pouze ve fázi přiblížení pilot zjistil, že se letiště nachází podstatně blíže, než očekával. Z tohoto důvodu zahájil sestup po spirále (příloha C). Během přistání dostatečně neodhadnul vzdálenost a došlo k tvrdšímu přistání. Zbylé informace o letu operátoru FDM poskytne datový výstup z programu FSFK. Příklad detekce z letu je tabulka 6.1, jde o výňatek z automaticky generovaných hlášení (celý záznam v příloze D). Program FSC9 plní pouze informativní úlohu při sledování aktuální informace o poloze letounu, lze zde také v omezené míře zaznamenávat letová data. Slouží primárně k vyhodnocení polohy letounu vůči radionavigačním bodům a plánované trase letounu.

53	Transponder	5072	12:56	246	85	3618
54	Pause	On	12:57	246	87	3825
55	Pause	Off	12:57	246	88	3825
56	Altitude	Level off at 4800ft	12:59	244	101	4780
57	Altitude	Descending at 4800ft	13:00	244	121	4619
58	Altitude	Level off at 4400ft	13:01	243	120	4351
59	COM1	123.050	13:02	242	111	4438
60	Altitude	Climbing at 4400ft	13:04	241	110	4502
61	Altitude	Level off at 4500ft	13:05	241	111	4526
62	COM1	127.770	13:05	240	110	4554

Tabulka 6.1 – Funkce záznamu pomocí FSFK

Grafický výstup (obrázek 6.3) provedeného simulovaného letu znázorňuje výškový profil zalétnuté trati se zřetelným zobrazením rozestupu letounu od překážek. Dále pak je zde zobrazena zalétnutá trať s úseky letu, tj. stoupání, let v hladině, klesání, vzlet, přistání, hlášení od systému TCAS, vysunutí vztlakových klapek.



Obrázek 6.3 – grafický výstup zkušebního letu z prostředí programu FSFK

7. Zhodnocení cílů diplomové práce

Rozšíření simulátoru ULD/PC Sim 01 o program vyhodnocení letu se jeví jako správný krok v jeho modernizaci. Uživatelům tohoto simulátoru nabídne objektivnější pohled na prováděné lety a možnou analýzu rizik, které působí na bezpečnost letu. Navržený program vyhodnocení letu částečně nevyhovuje základním požadavkům na vyhodnocení letu u dopravních letounů v civilním letectví. Širší analýza dalších možných programů, které by byly použitelné pro FDM na PC, nebyla možná z důvodů jejich absence. Z hlediska pojetí zlepšování letecké bezpečnosti dle SMS a budoucího zavedení FDM do prostředí letecké simulace se navržený program záznamu letových dat v současné době jeví jako velmi výhodný a dostatečný pro vytvoření zpětné vazby, která působí na žáka (studenta, či uživatele).

- Bylo navrženo technické řešení programu vyhodnocení letu BITD na bázi PC technologií
- Byla vytvořena specifikace vlastností programu vyhodnocení letu na simulátoru typu BITD, kterým disponuje ÚLD.

8. Závěr

Cílem autora bylo zkvalitnit simulaci letu pro letecké simulátory typu BITD na PC platformě a to nejen pro simulátor na Ústavu letecké dopravy při VŠB-TU v Ostravě. Během výkonu povolání na pozici operátora vyhodnocení letu u letecké společnosti se autor utvrdil v tom, že tento nástroj plní nepostradatelnou roli při zlepšování letecké bezpečnosti a poskytuje letovým posádkám ucelený přehled o provedených letech. Možnost kvalitní zpětné vazby, která nejenom poukáže na chyby žáka/pilota, ale dokonce i vyzdvihne objektivně jeho dobrou pilotáž a dobře provedené postupy je zásadní. Díky záznamu celého průběhu letu lze ponechat žáka/pilota či letovou posádku na simulátoru bez účasti instruktora a lety vyhodnotit zpětně. Na typ simulátoru BITD nejsou v současné době kladeny nároky na záznam letu a to na základě leteckého předpisu JAR-STD4. Při posouzení očekávaného vývoje v oblasti syntetických letových zařízení kategorie FS (Full Motion Flight Simulator) lze v budoucnu spatřovat jistý prostor při nasazení vyhodnocení letu i u kategorie BITD. Pokud vezme v úvahu poměr investic do navrženého technického řešení systému s programem Flight Keeper (FSFK) jsou výhody značné za cenu malé investice v řádu tisíců korun.

9. Seznam použité literatury

Letecké předpisy:

- [1] Předpis L-6/II dodatek 3.1, Letecká informační služba ŘLP ČR, s.p., aktuální vydání k 19.12.2010
- [2] Předpis JAR-STD1A, Letecká informační služba ŘLP ČR, s.p., aktuální vydání k 20.12.2010
- [3] Předpis JAR-STD2A, Letecká informační služba ŘLP ČR, s.p., aktuální vydání k 20.12.2010
- [4] Předpis JAR-STD3A, Letecká informační služba ŘLP ČR, s.p., aktuální vydání k 21.12.2010
- [5] Předpis JAR-STD4A, Letecká informační služba ŘLP ČR, s.p., aktuální vydání k 24.04.2011
- [6] Předpis L-13, Letecká informační služba ŘLP ČR, s.p., aktuální vydání k 19.12.2010

Odborná literatura:

- [7] UK Civil Aviation Authority, CAP739, Safety Regulation Group, Civil Aviation Authority 2003, ISBN-0-86039-930-3
- [8] Wells, A.,Rodrigues, C.,C., Commercial Aviation Safety, Aviation Week 2003, ISBN-13:978-0-07-141742-6

Internetové odkazy:

- [8] http://en.wikipedia.org/wiki/Flight_data_recorder, 15.12.2010
- [9] http://halldale.com/files/halldale/attachments/Perey_final.pdf 18.05.2011

Ostatní zdroje:

- [10] Keller, L., Nehody dopravních letadel v Československu I. díl, Svět křídel, Cheb 2009, ISBN-978-80-86808-63-5
- [11] Farana, R., Zásady pro vypracování diplomové práce, VŠB- Technická Universita Ostrava, Fakulta strojní, Ostrava 24.5.2010, FS_SME_05_003, verze F

10. Seznam příloh

Příloha A – Mapa naplánovaného kontrolního letu	I
Příloha B – Pilotní záznam o provedeném letu	II
Příloha C – Záznam přiblížení a přistání na letiště ve Vysokém Mýtě	III
Příloha D – Záznam události během celého letu	IV-X

Příloha A – Mapa naplánovaného kontrolního letu



Příloha B – Pilotní záznam o provedeném letu

Datum letu	Typ letounu	Poznávací značka	Pilot
26.3.2011	C206G	OK-VSB	Musil J.

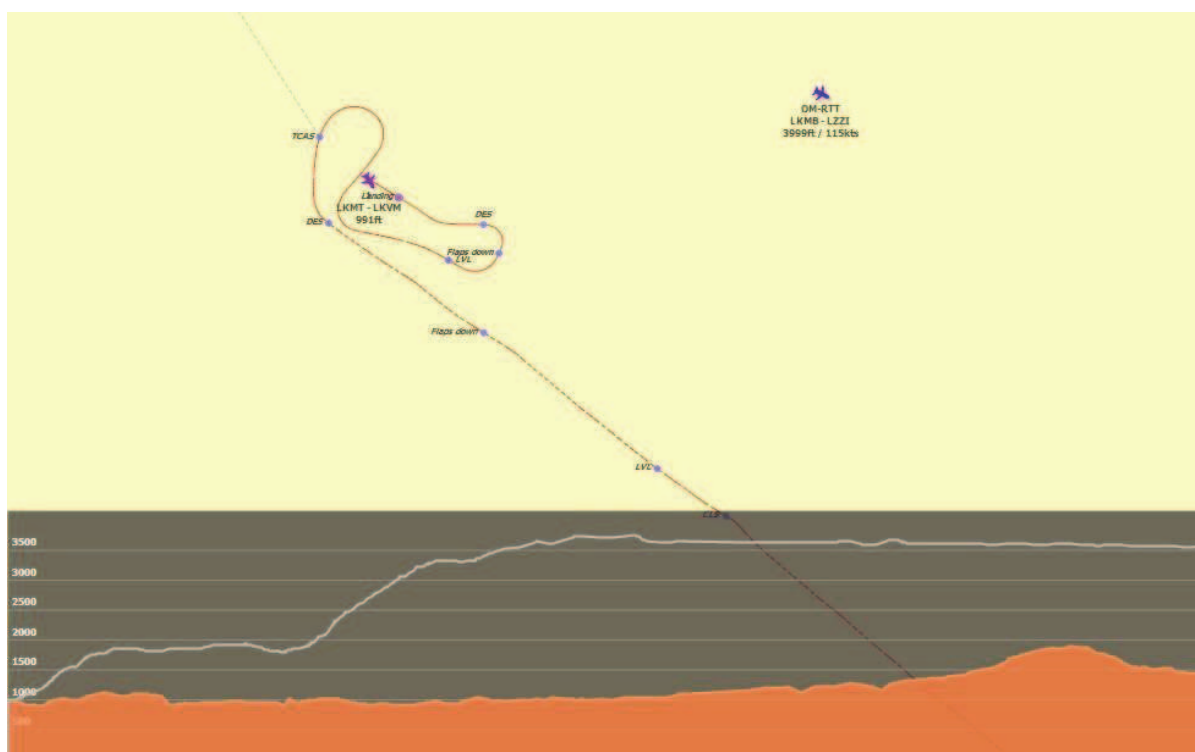
TRAŤ	FREQ	ELEV	Traťový úhel zem.	Kurz zem.	Vzdálen ost v km	Čas v min.	UTC	
							plán.	skut.
LKMT	120,8	844					22:26	22:25
LKMT → V			292	242°	23	6'	22:31	22:29
T → HRANICE	127,5	797		242°	7,5	2'	22:31	22:33
HRANICE → BRODEK				255°	27,5	8'	22:41	22:41
BRODEK → LKPI	123,6	702		255°	15	4'	22:45	22:46
LKPI → JEVÍČKO				304°	37,5	10'	22:52	22:55
JEVÍČKO → SUTAVY				311°	72,5	6'	23:01	23:02
SUTAVY → LKMM	109,6	988		311°	27,5	8'	23:10	23:11

Poznámky

- let č. 1; letoun C206G; FSX;
 LKMT ATIS 118,05; LKMT TWR 120,8;
 LKPO APP 127,775; TWR 119,750
 LKPO 127,65

CRZ SPD 120 kt

Příloha C – Záznam přiblížení a přistání na letišťě ve Vysokém Mýtě



Příloha D – Záznam události během celého letu

Events						
	Type	Event	Time	Fuel (kg)	IAS (kts)	Altitude (ft)
1	Pause	On	1:00	250	0	847
2	Master Avionics	On	1:00	250	0	847
3	Parking brake	On	1:00	250	0	847
4	Engine	On	1:00	250	0	847
5	Route	Origin Airport changed to lkmt	12:35	250	0	847
6	Route	Destination Airport changed to lkvm	12:35	250	0	847
7	Pause	Off	12:35	250	0	847
8	Engine	Off	12:35	250	0	847
9	Failure	Electrics	12:35	250	0	847
10	Parking brake	Off	12:36	250	0	847
11	OUT	OUT 12:36 /ZFW 1 384 kg /FOB 250 kg /TAW 1 634 kg	12:36	250	0	847
12	Parking brake	On	12:36	250	0	847
13	Master Battery	On	12:38	250	0	847
14	Pressure	1013,2	12:38	250	0	847
15	Alternator	On	12:38	250	0	847
16	Tank Selector	Right	12:38	250	0	847
17	Tank Selector	Left	12:38	250	0	847
18	Tank Selector	Off	12:38	250	0	847
19	Tank Selector	Left	12:38	250	0	847
20	Engine Fuel Pumps	/E1 On	12:39	250	0	847

21	Engine Fuel Pumps	/E1 Off	12:40	250	0	847
22	Lights	BCN	12:40	250	0	847
23	Engine	On	12:40	250	0	847
24	Parking brake	Off	12:42	250	0	847
25	Transponder	0	12:42	250	0	847
26	COM1	118.050	12:42	250	0	847
27	COM1	120.800	12:43	250	0	847
28	Pause	On	12:45	250	6	847
29	Pause	Off	12:45	250	6	847
30	Parking brake	On	12:46	250	0	847
31	Engine Starter	/E1 Left	12:48	249	0	847
32	Engine Starter	/E1 Right	12:48	249	0	847
33	Engine Starter	/E1 Left	12:48	249	0	847
34	Engine Starter	/E1 Both	12:48	249	0	847
35	Engine Starter	/E1 Left	12:48	249	0	847
36	Parking brake	Off	12:50	249	0	847
37	Pause	On	12:51	249	9	847
38	Route	Origin Airport changed to LKMT	12:51	249	9	847
39	Route	Destination Airport changed to LKVM	12:51	249	9	847
40	Pause	Off	12:51	249	9	847
41	Pause	On	12:51	249	0	847
42	Warning	Scenery changed or reloaded	12:51	249	0	847
43	Pause	Off	12:51	249	0	847
44	Pause	On	12:51	249	0	847
45	Pause	Off	12:51	249	0	847
46	Transponder	7000	12:51	249	0	847
47	OFF	OFF 12:53 /FOB 249 kg /TOW 1 633 kg	12:53	249	84	848

		LKMT 262030Z 07008KT 7000 BKN007 OVC016 02/01 Q1016 NOSIG RMK REG QNH 1011				
48	Weather		12:53	249	85	848
49	Altitude	Climbing at 800ft	12:54	249	100	1033
50	Pause	On	12:55	247	96	2204
51	Pause	Off	12:55	247	96	2203
52	COM1	118.700	12:55	247	79	2862
53	Transponder	5072	12:56	246	85	3618
54	Pause	On	12:57	246	87	3825
55	Pause	Off	12:57	246	88	3825
56	Altitude	Level off at 4800ft	12:59	244	101	4780
57	Altitude	Descending at 4800ft	13:00	244	121	4619
58	Altitude	Level off at 4400ft	13:01	243	120	4351
59	COM1	123.050	13:02	242	111	4438
60	Altitude	Climbing at 4400ft	13:04	241	110	4502
61	Altitude	Level off at 4500ft	13:05	241	111	4526
62	COM1	127.770	13:05	240	110	4554
63	Altitude	Descending at 4500ft	13:07	240	118	4372
64	Altitude	Level off at 4400ft	13:08	239	111	4427
65	Altitude	Climbing at 4400ft	13:11	238	110	4579
66	Altitude	Level off at 4500ft	13:11	237	117	4489
67	Flaps down	for Landing - 10	13:13	236	111	4467
68	Flaps up	after Takeoff	13:13	236	96	4604
69	COM1	123.600	13:15	235	109	4582

70	Altitude	Descending at 4500ft	13:21	232	117	4335
71	Altitude	Level off at 4300ft	13:21	231	114	4325
72	Position	N49* 34.8772' / E16* 48.7408'	13:23	231	108	4407
73	Weather	LKTB 262130Z 07009KT 9999 SCT040 BKN075 OVC092 05/01 Q1016 NOSIG RMK REG QNH 1013	13:23	230	108	4410
74	Pause	On	13:24	230	110	4412
75	Pause	Off	13:24	230	110	4412
76	Altitude	Descending at 4300ft	13:27	228	112	4156
77	Altitude	Level off at 3500ft	13:29	227	105	3527
78	Altitude	Climbing at 3500ft	13:35	224	98	3677
79	Altitude	Level off at 3600ft	13:36	224	105	3628
80	Flaps down	for Landing - 10	13:38	223	105	3647
81	Flaps	0	13:38	223	96	3721
82	Altitude	Descending at 3600ft	13:40	222	119	3467
83	TCAS	Traffic - OM-RTT /DST 7,96nm /HDG 115 /ALT 4000ft /GS 115kts /VS 0ft/min	13:40	222	120	3211
84	COM1	130.600	13:41	222	98	2638
85	Pause	On	13:42	221	103	1957
86	Pause	Off	13:42	221	103	1929
87	Pause	On	13:42	221	112	1914

88	Pause	Off	13:42	221	112	1910
89	Altitude	Level off at 1800ft	13:43	221	105	1836
90	Flaps down	for Landing - 10	13:44	220	89	1851
91	Altitude	Descending at 1800ft	13:44	220	93	1673
92	Flaps	20	13:44	220	102	1559
93	Lights	BCN LAND	13:45	220	89	1444
94	Flaps	40	13:45	220	85	1112
95	Weather	LKTB 262207Z 07008KT 9999 -RA SCT040 BKN075 OVC092 04/01 Q1016 RMK REG QNH 1013	13:45	220	65	992
96	ON	ON 13:45 /FOB 220 kg /LAW 1 604 kg	13:45	220	67	992
97	Landing Bounce	Aircraft bounced 3 times during landing	13:45	220	50	991
98	Flaps	0	13:47	220	0	991
99	Engine	Off	13:47	220	0	991
100	Engine Starter	/E1 Off	13:47	220	0	991
101	Master Battery	Off	13:47	220	0	991
102	Failure	Electrics	13:47	220	0	991
103	Alternator	Off	13:47	220	0	991
104	Pause	On	13:48	220	0	991
105	Pause	Off	13:48	220	0	991
106	Warning	ZULU/GMT Time has been changed by more than 5 minutes (correcting 72 minutes)	13:47	220	0	847

107	Parking brake	On	13:47	220	0	847
108	IN	IN 13:47 /FOB 220 kg /RAW 1 604 kg	13:47	220	0	847